
التلوث البيئي
وباء عصر العولمة
سيد عبد النبي محمد

الكتاب: التلوث البيئي وباء عصر العولمة

الكاتب: سيد عبد النبي محمَّد

الطبعة: ٢٠١٩

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ ـ ٣٥٨٦٧٥٧٦ ـ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة إثناء النشر

عبد النبي محمَّد، سيد

التلوث البيئي وباء عصر العولمة / سيد عبد النبي محمَّد

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٣٥٤ ص، ١٨ سم.

الترقيم الدولى: ٤ – ٩٢٠ – ٤٤٦ – ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٥١٠٥ / ٢٠١٩

التلوث البيئي وباء عصر العولمة





مقدمة

التوازن القائم بين مختلف عناصر البيئة دقيق ووضع بتقدير الخالق القادر "كل شيئ عنده بمقدار" وهذا ما يمكن ملاحظته في كثير من الأمور التى تحدث حولنا، ففي دورة الكربون يقوم النبات بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء ويستخدمه في صنع ما يحتاجه من غذاء ويطلق في هذه العملية غاز الأكسيجين كناتج ثانوى، وتقوم عناصر الإستهلاك باستخدام غاز الأكسيجين في عملياتها الحيوية وفي الحصول على الطاقة اللازمة، وتطلق بدورها غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء لتستخدمة بعد ذلك عناصر الإنتاج مرة أخرى .

كذلك يوجد هذا التوازن في دورة النيتروجين، حيث تقوم بعض البكتيريا بتثبيت غاز النيتروجين الموجود في الجو ويحولة إلى نترات ، وتقوم بكتيريا التحلل كذلك بعمل مماثل فهي تحلل أجساد النباتات والحيوانات الميتة وبعض الفضلات الأخرى إلى أملاح النشادر ثم إلى النترات، ويستخدم النبات هذه النترات بعد أن تمتصها من التربه لتصنع منها البروتينات وغيرها من المركبات، وعندما تموت هذه النباتات والحيوانات تقوم أنواع أخرى من البكتيريا بتحليل أجسادها وينطلق منها غاز النيتروجين إلى الهواء لتعود الدورة مرة أخرى .

يا سبحان الله نظام متوازن ودقيق وضعه الخالق القادر، لتستمر حياة الكائنات الحية على ظهر الكرة الأرضية ، وعندما يتدخل الإنسان في فطرة الله ويسهم في تخريبها سواء بما يعرف بالتكنولوجيا الحديثة أو ما يعرف بفوضى التسليح النووي أو التصنيع ومخلفاته أو الدمار الناشئ من الحروب والكوارث وتغيير سبل الحياة على الأرض يتم الدمار والخراب .

ومثال آخر ، فالماء العذب يوجد جزء كبير منه على هيئة جليد يغطي قمم الجبال العالية ويغطي أيضا المناطق القطبية الشمالية والجنوبية ، ولو أن هذا الجليد انصهر بأكمله للارتفع سطح المياه في البحار بنحو يقرب من ٥٠ متر عن ارتفاعة الحالي ولتسبب ذلك في غرق شواطئ القارات وكثير من المدن .

وسبحان الله فإن تواجد قطبين جليديين شمالي وجنوبي يمثلان جزءا هاما من التوازن الطبيعي للبيئة ، ويعد وجوده لازما ليحافظ على حياة الانسان على سطح الأرض .

وسبحان الله القادر المبدع فإن التوازن يبدو في تحول بعض مياة البحار إلى مياة عذبة ، مخازن كبيرة وضعها الله لحياة الكائنات على الأرض، فإن عمليات البخر والتكثيف وهطول الأمطار يعتمد على كثير من العوامل مثل درجة الحرارة ، والضغط الجوي ، وسرعة الرياح ، وتسرب الماء في التربة المسامية إلى المياة الجوفيه ، وعودتها إلى الأنهار أو إمتصاص جذور النباتات لها وتعتمد كل هذه العناصر بعضها على بعض وبقدرة

القادر يقوم بينها توازن دقيق، فلو تغيرت درجة الحرارة قليلا أو لو استنزفنا المياة الجوفية بسرعة أكبر من السرعة التي تتسرب فيها مياه الأمطار إلى التربة لنضبت هذه المياة ولاختلال هذا التوازن اختلالا تاما .

ويوجد توازن طبيعي مماثل في مملكة الحيوانات، فهناك حيوانات تنقرض بطبيعتها مثل الديناصورات، وهناك حيوانات تتكاثر بمعدلات مختلفة فبعضها تلد من واحد لأكثر من عشرة كالكلاب والقطط والفئران وهناك حيوانات تتوقف عن الانجاب بمجرد الشعور بتزايد أعدادها .

ومن الطبيعي أن هناك توازن فطري خلقة الله في كائناته وأن الزيادة الهائله في أعداد الكائنات لا تحدث في الطبيعة ، فلا تزداد الحيوانات ولا النباتات بطريقة المتواليات العددية أو الهندسية ، ولكن تكاثرها يعتمد على كثير من العوامل الطبيعية مثل تقلبات الجو ونقص الطعام ، وانتشار لبعض الأمراض ، بالإضافة إلى الشعور الطبيعي لزيادة أعدادها ، وتدخل كل هذه العوامل ضمن عوامل التوازن الطبيعي .

إلا أن الشئ الوحيد الذي خلقه الله وميزة الخالق بالعقل هو الإنسان والذي يمثل أحد العوامل الهامة في هذا النظام البيئي ، ويعتبر الإنسان من أهم عناصر الاستهلاك التي تعيش على سطح الأرض ، ولذلك فإن تدخل الإنسان في هذا التوازن الطبيعى دون وعي أو تفكير أفسد هذا التوازن تماما .

وقد نشأ الإنسان في بيئه طبيعية منذ الخليقة ، حيث كانت مواردها تزيد كثيرا على ما يتطلبة من احتياجات ، وعندما كان الإنسان يعيش على الصيد كان هناك نوع من التعاون بينه وبين بقية العناصر الأخرى للبيئة ، ولم يكن له تأثير واضح في البيئه المحيطة به .

وبعد أن اكتشف الإنسان النار وتعلم الزراعة بدأ يتحكم في البيئة المحيطة به فابتدع أنظمه جديدة في الري ، وأقام القناطر والسدود على الأنهار للتحكم في سريان مياهها .

وعندما استطاع الإنسان أن يخترع الآلات ويعمل بها في الزراعة وفي انتاج المحاصيل بدأ يسيطر على عناصرها الطبيعية بشكل أوسع ، فقد كان يدير هذه العناصر لمصلحتة الخاصة وكان يزرع المحاصيل ليأكلها هو ، ويربي الماشية والأبقار والأغنام والإبل والطيور ليأخذ منها اللحم واللبن والكساء ، وبذلك أصبح الإنسان هو أهم عنصر من عناصر الإستهلاك واختفت تقريبا أدوار بقية عناصر البيئة الأخرى خلف أنشطة الإنسان الهائلة .

والبيئه الزراعية التي ابتدعها الإنسان ضعيفة وهشه تحتاج إلى متابعة وعنايه إذا أهمل الإنسان فيها لم تكفه طعامة وإحتياجاته ، وقام الإنسان بكثير من الإحتيالات غير الطبيعية مثل المبيدات الزراعية والمخصبات الزراعية والتسميد الكيميائي ، بل وصل الحد إلى التلاعب في

الصفات الوراثية واستخدام الهرمونات والإنزيمات ، مما كان له الأثر البعيد في نوعية المحاصيل وتلوثها بما يجعلها غير مطابقة للاستخدام البشرى .

وبمرور الزمن زادت معرفة الإنسان وزادت قدراته مما توصل إلى الكثير من الأسس العلمية التي استطاع استخدامها فيما يعرف بالثورة الصناعية ، والتي كان لها الكثير من الآثار السلبية في التوازن الطبيعي البيئي .

وقد استطاع الإنسان إحراز الكثير من التقدم في أغلب المجالات ، ففي المجال الصحي ارتفع متوسط الأعمار بين الكبار ، وتناقصت نسبة الوفيات بين الأطفال مما ترتب عليه زيادة معدل السكان عاما بعد عام حتى وصلنا إلى ظاهرة الانفجار السكانى ، والزيادة الكبيرة في عدد السكان تفسد البيئة التي تحيط بنا وتقلل من صلاحيتها للعيش بها حيث تزداد الضغوط على محطات القوى ، ونشأت المدن المتكدسة ووسائل المواصلات المزدحمة والمسببة للتلوث الضوضائي والبصري ، وزادت مشكلات الصرف الصحي والتلوث من المصانع ومخلفاتها التي تقذف بها يوميا سواء صلبه أو سائلة وزادت نفاياتها إلى الحد الذي أصبحنا فيه كتلا بشريه تعيش بين تلال النفايات ومخلفات الصرف الصحي .

وقد تسبب الانفجار السكاني وازدحام المدن إلى تلوث الهواء والماء والتربه وإلى فقدان القدرة على التحكم في مخلفات الأعداد الغفيرة من البشر وقلت أو ندرت مياة الري والشرب وماتت الغابات وانقرضت

الكثير من الحيوانات ، وأصيب الكثير منها بأمراض التلوث البيئي وتصحرت الكثير من الأراضي الزراعية ونضبت المياة الجوفية وتلوثت مياه البحار والأنهار وظهرت كميات هائلة من الأسماك النافقة على الشواطئ وتلوثت كميات أخرى بسبب تلوث المياة بالنفط الناتج عن تسرب البترول المتعمد في البحار وغرق بعض السفن أو التصريف المتعمد من شركات التكرير والمصانع .

كل هذه الحيثيات التي تم ذكرنا بعضها ، تناولتها آنفا في فصول هذا الكتاب ، الذي يقدم للقارئ فكرة عامة عما يحدث حولنا من ظواهر خطيرة تؤثر على حياتنا البشرية بوجة عام ، وتؤدي إلى الإصابة بأمراض خطيرة تكلف البشرية الكثير من الأضرار الاقتصادية والصحية والنفسية، مؤكدا أن التلوث البيئى واحد من أكثر المشاكل خطرا على مستقبل الحياة على هذا الكوكب .

ولابد أن أعترف أنه من الصعب لكتاب صغير كهذا أن يتناول موضوعا متشابكا وكبيرا ، فعمدت إلى التبسيط ، والكثير من الحذف هنا والتركيز هناك لتوصيل المعنى إلى الجميع ، وهذا ما سوف يلاحظة الكثير من المتخصصين أو الذين يعملون في هذا المجال ، إذ أننا نتعرض لخطر محدق بنا قد يدمر الكون الذى نعيش فيه ، وأرجو من الله أن أكون قد حالفني التوفيق ،،

المؤلف

الفصل الأول

مفهوم البيئة ومقوماتها

- البيئة.
- عناصر البيئة.
- النظام البيئي.
- خصائص النظام البيئي.
- الإنسان ودوره في البيئة.
- أثر التصنيع والتكنولوجيا الحديثة على البيئة.
- الإنسان في مواجهة التحديات البيئية.
- مكونات البيئة.
- مستويات البيئة.
- مشاكل البيئة.
- دور الإنسان في الحفاظ على البيئة.

البيئة

البيئة لغةً هي المنزل والحال، ويقال: بيئة طبيعية، وبيئة اجتماعية، وبيئة سياسية.

والبيئة هو مصطلح يطلق على الوسط أو الحيز الذي تعيش فيه الكائنات الحية المختلفة من نبات، وإنسان، وحيوان، بالإضافة إلى الكائنات الأخرى الصغيرة، حيث يستطيع هذا الكائن ممارسة نشاطاته المختلفة، والحصول على كافة مقومات حياته من هذا الوسط، بالإضافة إلى التأثير فيه.

[١] أما البيئة بلغة العلم (بالإنجليزية: Environment) فهي مجموعة العناصر الحيوية والكيميائية والفيزيائية التي تحيط بالكائن الحي، أو بمجموعة من الكائنات الحية، وتؤثر على وجودها وبقائها.

[٢] وعلم البيئة (بالإنجليزية: Ecology) هو أحد فروع علم الأحياء، ويختص بدراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية نفسها، وبين الكائنات الحية والعوامل والكائنات غير الحية التي تحيط بها، وتؤثر على وجودها وتوزيعها.

البيئة لفظة شائعة الاستخدام، يرتبط مدلولها بنمط العلاقة بينها وبين مستخدمها، فنقول: البيئة الزرعية، والبيئة الصناعية، والبيئة الصحية،

والبيئة الاجتماعية، والبيئة الثقافية والسياسية، ويعني ذلك علاقة النشاطات البشرية المتعلقة بهذه المجالات.

وقد ترجمت كلمة Ecology إلى اللغة العربية بعبارة (علم البيئة)، التي وضعها العالم الألماني أرنست هيجل Ernest Haeckel عام ١٨٦٦م، بعد دمج كلمتين يونانيتين هما Oikes ومعناها مسكن، وLogos ومعناها علم، وعرفها بأنها العلم الذي يدرس علاقة الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه. ويهتم هذا العلم بالكائنات الحية وتغذيتها، وطرق معيشتها، وتواجدها في مجتمعات أو تجمعات سكنية أو شعوب، كما يتضمن أيضًا دراسة العوامل غير الحية، مثل خصائص المناخ (الحرارة، الرطوبة، الإشعاعات، غازات المياه والهواء)، والخصائص الفيزيائية والكيميائية للأرض والماء والهواء.

ويتفق العلماء في الوقت الحاضر على أن مفهوم البيئة يشمل جميع الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية، وتؤثر في العمليات التي تقوم بها. فالبيئة بالنسبة للإنسان: الإطار الذي يعيش فيه، والذي يحتوي على التربة والماء والهواء، وما يتضمنه كل عنصر من هذه العناصر الثلاث من مكونات جمادية، وكائنات تنبض بالحياة، وما يسود هذا الإطار من مظاهر شتى من طقس ومناخ ورياح وأمطار وجاذبية ومغناطيسية.. إلخ، ومن علاقات متبادلة بين هذه العناصر.

فالحديث عن مفهوم البيئة إذن هو الحديث عن مكوناتها الطبيعية، وعن الظروف والعوامل التي تعيش فيها الكائنات الحية.

وقد قسم بعض الباحثين البيئة إلى قسمين رئيسين هما:

١. البيئة الطبيعية: وهي عبارة عن المظاهر التي لا دخل للإنسان في وجودها أو استخدامها، ومن مظاهرها: الصحراء، البحار، المناخ، التضاريس، والماء السطحي والجوفي، والحياة النباتية والحيوانية. والبيئة الطبيعية ذات تأثير مباشر أو غير مباشر في حياة أية جماعة حية Population من نبات أو حيوان أو إنسان.

٢. البيئة المشيدة: وتتكون من البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان، ومن النظم الاجتماعية والمؤسسات التي أقامها، ومن ثَمّ يمكن النظر إلى البيئة المشيدة من خلال الطريقة التي نظمت بها المجتمعات حياتها، والتي غيرت البيئة الطبيعية لخدمة الحاجات البشرية، وتشمل البيئة المشيدة استعمالات الأراضي للزراعة والمناطق السكنية، والتنقيب فيها عن الثروات الطبيعية، وكذلك المناطق الصناعية والمراكز التجارية، والمدارس والمعاهد والطرق.. إلخ.

والبيئة بشقيها الطبيعي والمشيد هي كل متكامل، يشمل إطارها الكرة الأرضية، أو لنقل كوكب الحياة، وما يؤثر فيها من مكونات الكون الأخرى. ومحتويات هذا الإطار ليست جامدة، بل إنها دائمة التفاعل مؤثرة

ومتأثرة، والإنسان نفسه واحد من مكونات البيئة يتفاعل مع مكوناتها، بما في ذلك أقرانه من البشر. وقد ورد هذا الفهم الشامل على لسان السيد يوثانت الأمين العام للأمم المتحدة، حيث قال: "إننا شئنا أم أبينا نسافر سوية على ظهر كوكب مشترك، وليس لنا بديل معقول سوى أن نعمل جميعًا لنجعل منه بيئة نستطيع نحن وأطفالنا أن نعيش فيها حياة كاملة آمنة". وهذا يتطلب من الإنسان –وهو العاقل الوحيد بين صور الحياة– أن يتعامل مع البيئة بالرفق والحنان، يستثمرها دون إتلاف أو تدمير. ولعل فهم الطبيعة ومكونات البيئة والعلاقات المتبادلة فيما بينها يمكن الإنسان أن يوجد ويطور موقعًا أفضل لحياته وحياة أجياله من بعده.

عناصر البيئة:

يمكن تقسيم البيئة (وفق توصيات مؤتمر ستوكهولم) إلى ثلاثة عناصر هي:

١. البيئة الطبيعية: وتتكون من أربعة نظم مترابطة وثيقًا هي: الغلاف الجوي، الغلاف المائي، اليابسة، المحيط الجوي، بما تشمله هذه الأنظمة من ماء وهواء وتربة ومعادن، ومصادر للطاقة، بالإضافة إلى النباتات والحيوانات، وهذه جميعها تمثل الموارد التي أتاحها الله سبحانه وتعالى للإنسان؛ كي يحصل منها على مقومات حياته من غذاء وكساء ودواء ومأوى.

٢. البيئة البيولوجية: وتشمل الإنسان (الفرد) وأسرته ومجتمعه، وكذلك الكائنات الحية في المحيط الحيوي، وتعد البيئة البيولوجية جزءًا من البيئة الطبيعية.

٣. البيئة الاجتماعية: ويقصد بالبيئة الاجتماعية ذلك الإطار من العلاقات الذي يحدد ماهية علاقة حياة الإنسان مع غيره، ذلك الإطار من العلاقات الذي هو الأساس في تنظيم أي جماعة من الجماعات، سواء بين أفرادها بعضهم ببعض في بيئة ما، أو بين جماعات متباينة أو متشابهة معًا وحضارة في بيئات متباعدة، وتؤلف أنماط تلك العلاقات ما يعرف بالنظم الاجتماعية، واستحدث الإنسان خلال رحلة حياته الطويلة بيئة حضارية لكي تساعده في حياته؛ فعمر الأرض واخترق الأجواء لغزو الفضاء.

وعناصر البيئة الحضارية للإنسان تتحدد في جانبين رئيسيين هما:

أولًا: الجانب المادي: كل ما استطاع الإنسان أن يصنعه، كالمسكن والملبس ووسائل النقل، والأدوات والأجهزة التي يستخدمها في حياته اليومية.

ثانيًا: الجانب غير المادي: يشمل عقائد الإنسان وعاداته وتقاليده وأفكاره وثقافته، وكل ما تنطوي عليه نفس الإنسان من قيم وآداب وعلوم، تلقائية كانت أم مكتسبة.

وإذا كانت البيئة هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان، ويحصل منه على مقومات حياته من غذاء وكساء، ويمارس فيه علاقاته مع أقرانه من بني البشر، فإن أول ما يجب على الإنسان تحقيقه حفاظًا على هذه الحياة أن يفهم البيئة فهمًا صحيحًا، بكل عناصرها ومقوماتها وتفاعلاتها المتبادلة، ثم أن يقوم بعمل جماعي جاد لحمايتها وتحسينها، وأن يسعى للحصول على رزقه، وأن يمارس علاقاته دون إتلاف أو إفساد.

البيئة والنظام البيئي

يطلق العلماء لفظ البيئة على مجموع الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية وتؤثر في العمليات الحيوية التي تقوم بها، ويقصد بالنظام البيئي أية مساحة من الطبيعة وما تحويه من كائنات حية ومواد حية في تفاعلها مع بعضها ومع الظروف البيئية، وما تولده من تبادل بين الأجزاء الحية وغير الحية، ومن أمثلة النظم البيئية الغابة والنهر والبحيرة والبحر، وواضح من هذا التعريف أنه يأخذ في الاعتبار كل الكائنات الحية التي يتكون منها المجتمع البيئي (البدائيات، والطلائعيات والتوالي النباتية والحيوانية)، وكذلك كل عناصر البيئة غير الحية (تركيب التربة، الرياح، طول النهار، الرطوبة، التلوث.. إلخ). ويأخذ الإنسان –كأحد كائنات النظام البيئي– مكانة خاصة؛ نظرًا لتطوره الفكري والنفسي، فهو المسيطر –إلى حد ملموس– على النظام البيئي وعلى حسن تصرفه تتوقف المحافظة على النظام البيئي وعدم استنزافه.

خصائص النظام البيئي:

ويتكون كل نظام بيئي مما يأتي:

١. كائنات غير حية: وهي المواد الأساسية غير العضوية والعضوية في البيئة.

٢. كائنات حية: وتنقسم إلى قسمين رئيسين:

أ. كائنات حية ذاتية التغذية:

وهي الكائنات الحية التي تستطيع بناء غذائها بنفسها من مواد غير عضوية بسيطة بوساطة عمليات البناء الضوئي (النباتات الخضر)، وتعتبر هذه الكائنات المصدر الأساسي والرئيسي لجميع أنواع الكائنات الحية الأخرى بمختلف أنواعها، كما تقوم هذه الكائنات باستهلاك كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التركيب الضوئي، وتقوم بإخراج الأكسجين في الهواء.

ب. كائنات حية غير ذاتية التغذية:

وهي الكائنات الحية التي لا تستطيع تكوين غذائها بنفسها، وتضم الكائنات المستهلكة والكائنات المحللة، فآكلات الحشائش مثل الحشرات التي تتغذى على الأعشاب كائنات مستهلكة، تعتمد على ما صنعه النبات وتحوله في أجسامها إلى مواد مختلفة تبني بها أنسجتها وأجسامها، وتسمى

مثل هذه الكائنات المستهلك الأول؛ لأنها تعتمد مباشرة على النبات. والحيوانات التي تتغذى على هذه الحشرات كائنات مستهلكة أيضًا، ولكنها تسمى (المستهلك الثاني)؛ لأنها تعتمد على المواد الغذائية المكونة لأجسام الحشرات، والتي نشأت بدورها من أصل نباتي، أما الكائنات المحللة فهي تعتمد في التغذية غير الذاتية على تفكك بقايا الكائنات النباتية والحيوانية، وتحولها إلى مركبات بسيطة تستفيد منها النباتات، ومن أمثلتها البكتيريا الفطريات وبعض الكائنات المترممة.

الإنسان ودوره في البيئة:

يعتبر الإنسان أهم عامل حيوي في إحداث التغيير البيئي والإخلال الطبيعي البيولوجي، فمنذ وجوده وهو يتعامل مع مكونات البيئة، وكلما توالت الأعوام ازداد تحكمًا وسلطانًا في البيئة، وخاصة بعد أن يسر له التقدم العلمي والتكنولوجي مزيدًا من فرص إحداث التغير في البيئة، وفقًا لازدياد حاجته إلى الغذاء والكساء.

وهكذا قطع الإنسان أشجار الغابات، وحول أرضها إلى مزارع ومصانع ومساكن، وأفرط في استهلاك المراعي بالرعي المكثف، ولجأ إلى استخدام الأسمدة الكيمائية والمبيدات بمختلف أنواعها، وهذه كلها عوامل فعالة في الإخلال بتوازن النظم البيئية، ينعكس أثرها في نهاية المطاف على حياة الإنسان، كما يتضح مما يلي:

- **الغابات:**

الغابة نظام بيئي شديد الصلة بالإنسان، وتشمل الغابات ما يقرب ٢٨٪ من القارات؛ ولذلك فإن تدهورها أو إزالتها يحدث انعكاسات خطيرة في النظام البيئي، وخصوصًا في التوازن المطلوب بين نسبتي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الهواء.

- **المراعي:**

يؤدي الاستخدام السيء للمراعي إلى تدهور النبات الطبيعي، الذي يرافقه تدهور في التربة والمناخ، فإذا تتابع التدهور تعرت التربة وأصبحت عرضة للانجراف.

- **النظم الزراعية والزراعة غير المتوازنة:**

قام الإنسان بتحويل الغابات الطبيعية إلى أراضٍ زراعية، فاستعاض عن النظم البيئية الطبيعية بأجهزة اصطناعية، واستعاض عن السلاسل الغذائية وعن العلاقات المتبادلة بين الكائنات والمواد المميزة للنظم البيئية بنمط آخر من العلاقات بين المحصول المزروع والبيئة المحيطة به، فاستخدم الأسمدة والمبيدات الحشرية للوصول إلى هذا الهدف، وأكبر خطأ ارتكبه الإنسان في تفهمه لاستثمار الأرض زراعيًا هو اعتقاده بأنه يستطيع استبدال العلاقات الطبيعية المعقدة الموجودة بين العوامل البيئية والنباتات

بعوامل اصطناعية مبسطة، فعارض بذلك القوانين المنظمة للطبيعة، وهذا ما جعل النظم الزراعية مرهقة وسريعة العطب.

- **النباتات والحيوانات البرية:**

أدى تدهور الغطاء النباتي والصيد غير المنتظم إلى تعرض عدد كبير من النباتات والحيوانات البرية إلى الانقراض، فأخل بالتوازن البيئية.

أثر التصنيع والتكنولوجيا الحديثة على البيئة

إن للتصنيع والتكنولوجيا الحديثة آثارًا سيئة في البيئة، فانطلاق الأبخرة والغازات وإلقاء النفايات أدى إلى اضطراب السلاسل الغذائية، وانعكس ذلك على الإنسان الذي أفسدت الصناعة بيئته، وجعلتها في بعض الأحيان غير ملائمة لحياته كما يتضح مما يلي:

- **تلويث المحيط المائي:**

إن للنظم البيئية المائية علاقات مباشرة وغير مباشرة بحياة الإنسان، فمياهها التي تتبخر تسقط في شكل أمطار ضرورية للحياة على اليابسة، ومدخراتها من المادة الحية النباتية والحيوانية تعتبر مدخرات غذائية للإنسانية جمعاء في المستقبل، كما أن ثرواتها المعدنية ذات أهمية بالغة.

- تلوث الجو:

تتعدد مصادر تلوث الجو، ويمكن القول أنها تشمل المصانع ووسائل النقل والانفجارات الذرية والفضلات المشعة، كما تتعدد هذه المصادر وتزداد أعدادها يومًا بعد يوم، ومن أمثلتها الكلور، أول ثاني أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكبريت، أكسيد النيتروجين، أملاح الحديد والزنك والرصاص، وبعض المركبات العضوية والعناصر المشعة. وإذا زادت نسبة هذه الملوثات عن حد معين في الجو أصبح لها تأثيرات واضحة على الإنسان وعلى كائنات البيئة.

- تلوث التربة:

تتلوث التربة نتيجة استعمال المبيدات المتنوعة والأسمدة وإلقاء الفضلات الصناعية، وينعكس ذلك على الكائنات الحية في التربة، وبالتالي على خصوبتها وعلى النبات والحيوان، مما ينعكس أثره على الإنسان في نهاية المطاف.

الإنسان في مواجهة التحديات البيئية

الإنسان أحد الكائنات الحية التي تعيش على الأرض، وهو يحتاج إلى أكسجين لتنفسه، للقيام بعملياته الحيوية، وكما يحتاج إلى مورد مستمر من الطاقة التي يستخلصها من غذائه العضوي، الذي لا يستطيع الحصول

عليه إلا من كائنات حية أخرى نباتية وحيوانية، ويحتاج أيضًا إلى الماء الصالح للشرب كجزء هام يمكنه من الاستمرار في الحياة.

وتعتمد استمرارية حياته بصورة واضحة على إيجاد حلول عاجلة للعديد من المشكلات البيئية الرئيسية، التي من أبرزها مشكلات ثلاثة، يمكن تلخيصها فيما يلي:

أ. كيفية الوصول إلى مصادر كافية للغذاء؛ لتوفير الطاقة لأعداده المتزايدة.

ب. كيفية التخلص من حجم فضلاته المتزايدة، وتحسين الوسائل التي يجب التوصل إليها للتخلص من نفاياته المتعددة، وخاصة النفايات غير القابلة للتحلل.

ت. كيفية التوصل إلى المعدل المناسب للنمو السكاني، حتى يكون هناك توازن بين عدد السكان والوسط البيئي.

ومن الثابت أن مصير الإنسان، مرتبط بالتوازنات البيولوجية، وبالسلاسل الغذائية التي تحتويها النظم البيئية، وإن أي إخلال بهذه التوازنات والسلاسل ينعكس مباشرة على حياة الإنسان؛ ولهذا فإن نفع الإنسان يكمن في المحافظة على سلامة النظم البيئية التي تؤمن له حياة أفضل، ونذكر فيما يلي وسائل تحقيق ذلك:

١. الإدارة الجيدة للغابات: لكي تبقى الغابات على إنتاجيتها ومميزاتها.

٢. **الإدارة الجيدة للمراعي: من الضروري المحافظة على المراعي الطبيعية ومنع تدهورها، وبذلك يوضع نظام صالح لاستعمالاتها.**

٣. **الإدارة الجيدة للأراضي الزراعية: تستهدف الإدارة الحكيمة للأراضي الزراعية الحصول على أفضل عائد كمًا ونوعًا، مع المحافظة على خصوبة التربة، وعلى التوازنات البيولوجية الضرورية لسلامة النظم الزراعية، يمكن تحقيق ذلك:**

   أ. **تعدد المحاصيل في دورة زراعية متوازنة.**

   ب. **تخصيب الأراضي الزراعية.**

   ت. **تحسين التربة بإضافة المادة العضوية.**

   ث. **مكافحة انجراف التربة.**

٤. **مكافحة تلوث البيئة: نظرًا لأهمية تلوث البيئة بالنسبة لكل إنسان، فإن من الواجب تشجيع البحوث العلمية بمكافحة التلوث بشتى أشكاله.**

٥. **التعاون البناء بين القائمين على المشروعات وعلماء البيئة: إن أي مشروع نقوم به يجب أن يأخذ بعين الاعتبار احترام الطبيعة؛ ولهذا يجب أن يدرس كل مشروع يستهدف استثمار البيئة بواسطة المختصين، وفريق من الباحثين في الفروع الأساسية التي تهتم بدراسة البيئة الطبيعية، حتى يقرروا معًا التغييرات المتوقع حدوثها عندما يتم المشروع، فيعملوا**

معًا على التخفيف من التأثيرات السلبية المحتملة، ويجب أن تظل الصلة بين المختصين والباحثين قائمة لمعالجة ما قد يظهر من مشكلات جديدة.

٦. تنمية الوعي البيئي: تحتاج البشرية إلى أخلاق اجتماعية عصرية ترتبط باحترام البيئة، ولا يمكن أن نصل إلى هذه الأخلاق إلا بعد توعية حيوية توضح للإنسان مدى ارتباطه بالبيئة، وتعلمه أن حقوقه في البيئة يقابلها دائمًا واجبات نحو البيئة، فليست هناك حقوق دون واجبات.

وأخيرًا مما تقدم يتبين أن هناك علاقة اعتمادية داخلية بين الإنسان وبيئته، فهو يتأثر ويؤثر عليها، وعليه يبدو جليًا أن مصلحة الإنسان الفرد أو المجموعة تكمن في تواجده ضمن بيئة سليمة؛ لكي يستمر في حياة صحية سليمة.

مكونات البيئة

عناصر ومكونات النظام البيئي

العناصر الطبيعية:

هي العناصر التي تشمل: الماء، والهواء، والتربة، والحيوان، والنبات، والإنسان. حيث إن هذه العناصر جميعها ضرورية لاستمرار حياة الكائن الحي ونموه وتطوره، ويمكن تقسيم العناصر الموجودة على هذه المعمورة إلى:

الكائنات غير الحية:

هي عبارة عن المواد الأساسية العضوية وغير العضوية الموجودة في البيئة.

الكائنات الحية:

هي الكائنات التي تمتلك خصائص معينة كالتنفس، والنمو، والإخراج، وهي تقسم إلى قسمين أساسيين، هما:

كائنات حية ذاتية التغذية:

وهي الكائنات الحية التي لها القدرة على تكوين غذائها بنفسها، من خلال حصولها على مواد غير عضوية بسيطة بواسطة عمليات البناء الضوئي.

كائنات حية غير ذاتية التغذية:

وهي الكائنات الحية التي لا تمتلك القدرة على تكوين غذائها بنفسها، وهي تشمل جميع الكائنات المستهلكة، والكائنات المحللة، وآكلات الحشائش. ومن الأمثلة على هذا النوع من الكائنات:

الحشرات التي تتغذى على الأعشاب، والحيوانات التي تتغذى على الحشرات، بالإضافة إلى البكتيريا والفطريات التي تعتمد في التغذية غير الذاتية على تفكيك بقايا النباتات والحيوانات، ثم تحويلها إلى مركبات بسيطة تستطيع الاستفادة منها.

العناصر غير الطبيعية:

ويقصد بها جميع المنشآت والإنجازات التي أنشأها الإنسان على هذه المعمورة، مثل: المنشآت العمرانية، والمصانع، والسدود، والشقق، والطرق، والمدارس، والجامعات، وغيرها.

تتأثر البيئة بمجموعة من العوامل أو المكونات، ومنها العوامل الحيوية والعوامل غير الحيوية:

١- العوامل غير الحيوية (بالإنجليزية: abiotic factors): وتشمل العوامل الفيزيائية والكيميائية، ومنها: درجة الحرارة، والملوحة، ودرجة الحموضة، والتربة، وأشعة الشمس، والمناخ، وغيرها من العوامل.

٢- العوامل الحيوية (بالإنجليزية: biotic factors): وتشمل الكائنات الحية التي تتفاعل في ما بينها، وتقسم إلى:

المنتجات (بالإنجليزية: Producers):

وهي الكائنات الحية التي تصنع غذاءها بنفسها، بعملية تسمى البناء الضوئي أو التمثيل الضوئي، ومن الأمثلة على المنتجات: النباتات والطحالب التي تحتوي على أصباغ مثل صبغة الكلوروفيل، تمتص الأصباغ أشعة الشمس، وتستخدمها لدمج ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو بالماء الذي يمتصه النبات من التربة، فتحوله إلى مواد عضوية مثل النشا والسليلوز، وتحول عملية البناء الضوئي طاقة أشعة الشمس إلى طاقة مخزنة في الروابط الكيميائية مع الأكسجين، مُشَكِّلة بتلك الطاقة منتجًا ثانويًا، يعد المصدر المباشر وغير المباشر للطاقة التي تزود جميع الكائنات الحية في النظام البيئي.

من الأمثلة الأخرى على المنتجات بعض أنواع البكتيريا التي تعيش في قاع المحيطات، حيث تتدفق المياه الساخنة، فتستخدم هذه البكتيريا الحرارة لتحويل غاز كبريتيد الهيدروجين إلى غذاء، وتسمى هذه العملية التمثيل الكيميائي (بالإنجليزية: chemosynthesis).

المستهلكات (بالإنجليزية: consumers):

وهي الكائنات الحية التي لا تتمكن من صنع غذائها بنفسها، وتحصل على الطاقة اللازمة لها بالتغذي على النباتات أو الحيوانات، ومنها الكائنات الحية التي تتغذى على الكائنات الميتة، وعلى مخلفات الكائنات الحية.

المحللات (بالإنجليزية: Decomposers):

وهي الكائنات الحية التي تحلل المركبات العضوية المعقدة في أجسام المخلوقات الميتة إلى جزيئات أبسط، وتستفيد من الطاقة الناتجة من التحلل (ولا تلتهم المخلوقات الميتة مباشرة).

من ناحية أخرى يمكن تقسيم مكونات البيئة إلى:

الغلاف الصخري (بالإنجليزية: Lithosphere):

وهو الغلاف الخارجي الذي يحيط بالكرة الأرضية، ويزود الكائنات الحية بالتربة والمعادن، وغيرها من العناصر.

الغلاف المائي (بالإنجليزية: Hydrosphere):

وهو الجزء من الكرة الأرضية الذي يحتوي على مياه، ويشمل: البحيرات، والأنهار، والمحيطات وغيرها.

الغلاف الجوي (بالإنجليزية: Atmosphere):

وهو طبقة من الهواء والغازات، تمتد من سطح الأرض إلى عدة كيلومترات فوقه.

الغلاف الحيوي (بالإنجليزية: Biospheres):

ويقصد به جميع الكائنات الحية التي تتواجد في كل من الغلاف الصخري والمائي والجوي.

مستويات البيئة:

قسم العلماء البيئة إلى عدة مستويات، وهي:

الفرد (بالإنجليزية: individual):

أي كائن حي واحد من نوع معين، مثل: إنسان، قطة، وغيرها.

الجماعة (بالإنجليزية: population):

مجموعة من الأفراد التي تنتمي لنفس النوع وتعيش في منطقة معينة.

المجتمع الحيوي (بالإنجليزية: community):

مجموعة من الكائنات الحية التي تنتمي إلى أنواع مختلفة، وتعيش معًا في منطقة معينة، وتربطها ببعضها البعض علاقات متنوعة، منها:

التنافس(بالإنجليزية: Competition**) :**

علاقة تنشأ بين الكائنات الحية التي تسعى للحصول على نفس الموارد المحدودة.

الافتراس (بالإنجليزية: Predation**) :**

علاقة تربط بين كائن حي (المفترس)، يتغذى على كائن حي آخر (الفريسة).

التكافل (بالإنجليزية: Mutualism**) :**

علاقة تربط بين نوعين من الكائنات الحية، وتعود بالنفع على كلا الطرفين، ومثال عليها نمو نوع من الفطريات على جذور النباتات، فتزود الفطريات الجذور بالماء، ويزود النبات الفطر بالغذاء.

التعايش (بالإنجليزية: Commensalism**) :**

علاقة تربط بين نوعين من الكائنات الحية يستفيد منها أحدهما، بينما لا يستفيد الآخر ولا يتضرر، ومثال عليها بعض أنواع البكتيريا التي تعيش في جسم الإنسان، فتستمد منه غذاؤها، بينما لا يستفيد الإنسان ولا يتضرر.

التطفل (بالإنجليزية: Parasitism):

علاقة تربط بين نوعين من الكائنات الحية يستفيد منها أحدهما ويتضرر الآخر، ومثال عليها الدودة الشريطية التي تنمو في أمعاء الإنسان المصاب بها.

النظام البيئي (بالإنجليزية: Ecosystem):

منطقة معينة تحتوي على كائنات حية (من أنواع مختلفة)، ومكونات غير حية يؤثر بعضها على بعض، ويمكن للنظام البيئي أن يكون صغيراً كحديقة منزل، أو كبيراً كقارة استراليا مثلًا.

فروع علم البيئة

من فروع علم البيئة الرئيسية ما يلي:

علم البيئة الفسيولوجي:

يبحث في تأثير العوامل البيئية الحية وغير الحية على فسيولوجيا الكائن الحي وتكيفه مع بيئته.

علم البيئة السلوكي:

يبحث في الأساس التطوري والبيئي لسلوك الحيوان، ودور السلوك في تكيف الحيوان مع بيئته.

علم بيئة السكان أو الجماعات:

يبحث في ديناميكا أو تحركات الجماعات وتفاعلها مع الظروف البيئية المختلفة.

علم بيئة المجتمعات:

يبحث في التفاعلات والعلاقات بين الأنواع المختلفة في المجتمع الواحد.

علم أنظمة البيئة:

يبحث في مسار انتقال الطاقة والمادة في الأنظمة البيئية.

علم البيئة الصحي:

يبحث في قضايا صحة البشر التي تتعلق بالاضطرابات البيئية.

علم بيئة المناظر الطبيعية:

ويبحث في العناصر المكانية للمناظر الطبيعية، وتأثير البشر والاضطرابات عليها.

علم البيئة العالمي:

ويبحث في المسائل البيئية على مستوى العالم.

علم البيئة التطوري:

ويبحث في تطور الأنواع والتفاعل ما بينها.

علم البيئة اللغوي:

ويبحث في العلاقة بين اللغة والبيئة.

مشاكل البيئة

من أهم المشاكل التي تواجهها البيئة ما يلي:

التلوث:

ومن أنواعه تلوث الماء والهواء والتربة.

الاحتباس الحراري:

ويؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المحيطات، وذوبان الجبال الجليدية؛ مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر.

الانفجار أو الاكتظاظ السكاني:

يؤدي زيادة عدد السكان إلى نقص الموارد الطبيعية، والاستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية، والمبيدات الحشرية في العمليات الزراعية.

استنفاذ الموارد الطبيعية، ومنها مصادر الوقود الأحفوري.

زيادة حجم النفايات، ومنها النفايات النووية والإلكترونية، بالإضافة إلى البلاستيك وغيرها من النفايات التي يجب التخلص منها بطرق آمنة.

فقدان التنوع الحيوي:

تؤدي الأنشطة البشرية إلى تدمير المواقع الطبيعية لكثير من أنواع الكائنات الحية؛ مما يؤدي إلى انقراضها.

إزالة الغابات:

يؤدي الطلب المتزايد على الغذاء والمأوى إلى قطع الأشجار، ويؤثر بالتالي على مستوى الأكسجين في الجو.

تحمض المحيطات:

تزداد حموضة المحيطات نتيجة للإنتاج المفرط لغاز ثاني أكسيد الكربون، ويؤثر ذلك على العوالق والمحار، فتصبح صدفاتها هشة.

نضوب طبقة الأوزون:

يسبب الاستخدام المفرط لمركبات كلوروفلوروكربون إلى استنزاف الأوزون، الذي يعمل كطبقة عازلة تمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية الضارة لسطح الأرض.

دور الإنسان في الحفاظ على البيئة

١- الإدارة الجيدة للغابات بحيث يتم سن قوانين وتشريعات صارمة من قبل الدولة على من يتعدى على هذه الأماكن الطبيعية.

٢- الإدارة الجيدة للأراضي الزراعية، من خلال اتباع السياسات الحكيمة والمتقدمة في الزراعة والري.

٣- مكافحة تلوث البيئة بكافة الوسائل والسبل الممكنة، والسعي لإيجاد حلول خلاقة لهذه المشكلة الكبيرة، التي تهدد حياة الإنسان والكائنات الحية على حد سواء.

٤- تعديد المحاصيل الزراعية في الدورة الزراعية الواحدة؛ بهدف زيادة التنوع والإنتاج الزراعي.

٥- تخصيب الأراضي الزراعية.

٦- إضافة المواد العضوية الطبيعية إلى التربة.

٧- دعم المشروعات العلمية التي تهدف للحفاظ على النظام البيئي.

٨- تنمية الوعي البيئي ونشر ثقافة الحفاظ على البيئة بين الناس من خلال المنشورات، والدورات التوعوية وورش العمل، بالإضافة إلى استغلال الإعلام في هذه القضية.

٩- حماية التربة من الانجراف.

الفصل الثاني

التلوث البيئي وأنواعه

- التلوث البيئي.
- المفهوم اللغوي للتلوث.
- المفهوم الاصطلاحي للتلوث.
- المفهوم القانوني للتلوث.
- أنواع التلوث وأسبابه.

التلوث البيئي

أولًا: المفهوم اللغوي للتلوث

قال تعالى: "وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنَزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَعْلُومٍ"، وقال سبحانه وتعالى: "إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ".

أي أن كل شيء في هذا الوجود مقدر ومقنن، والقلة في شيء ما يقابلها زيادة في شيء آخر، وإن أكثر الناس لم يدركوا أن الزيادة والنقصان ما هي إلا لحكمة بالغة، ألا وهي اتزان الكون وثباته، فمثلًا هناك الحياة والموت، والغنى والفقر، والشروق والغروب، والصيف والشتاء، والليل والنهار، والماء والنار.. إلخ، فنجد أن كل شيء ثنائي في هذا الوجود إلا الله سبحانه وتعالى، فهو سبحانه المتفرد بالوحدانية دون سواه، وجعل سبحانه كل شيء بصورته هذه لخدمة الحياة وخدمة المخلوقات.

ومما لاشك فيه أنه يمكن القول بأن فساد البيئة وتلويثها بالصورة التي هي عليها الآن يرجع كله لفعل الإنسان.

قال تعالى: "ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ"، وكلمة الفساد هنا كلمة شاملة تعني الانحراف وسوء الخلق، والابتعاد عن القيم الحسنة والانغماس في المنكر ومعصية الله سبحانه وتعالى. وفيما يلي سوف نتحدث عن المفهوم اللغوي للتلوث في النقاط الآتية:

١- مفهوم التلوث في اللغة العربية:

كلمة التلوث بمدلولها اللفظي تدل على الدنس والفساد والنجس، وفعلها (لوث) يعني لوث الشيء تلويثًا. (اللوث) بالفتح يعني البنية الضعيفة غير الكاملة، ومنه قيل للرجل ضعيف العقل ألوث، وفيه لوثة بالفتح أي حماقة، واللوثة بالضم الاسترخاء والحبسة في اللسان، ولوث ثوبه بالطين أي لطخه، وتلوث بذلك. والتلوث في اللغة نوعان، تلوث مادي وتلوث معنوي.

أ- التلوث المادي: وهو اختلاط أي شيء غريب عن مكونات المادة بالمادة نفسها، ويقال: لوث التبن بالقت أي خلطه بالأعشاب الكليئة، ولوث الماء بالطين أي خلطه.

ب- التلوث المعنوي: وهو أن يقال: تلوث بفلان رجاء منفعة، أي لاذ به، وفلان به لوثة أي جنون.

والتلوث بشقيه المادي والمعنوي يعني فساد الشيء أو تغيير خواصه، وهو معنى يقترب من المفهوم العلمي الحديث للتلوث، الذي ينص على أنه إفساد مكونات البيئة، حيث تتحول هذه المكونات من عناصر مفيدة إلى عناصر ضارة، بما يفقدها دورها في صنع الحياة. وتوجد عدة تعريفات للتلوث، نذكر منها على سبيل المثال الآتي: "تغير الوسط الطبيعي الذي يمكن أن تكون له آثار خطيرة على أي كائن حي".

وجاء بوثائق منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية أن التلويث هو: "إدخال الإنسان -مباشرة أو بطريق غير مباشر- لمواد أو لطاقة في البيئة، والذي يستتبع نتائج ضارة على نحو يعرض الصحة الإنسانية للخطر، ويضر بالموارد الحيوية وبالنظم البيئية، وينال من قيم التمتع بالبيئة، أو يعوق الاستخدامات الأخرى المشروعة للوسط".

أما ما جاء بتقرير المجلس الاقتصادي والاجتماعي التابع للأمم المتحدة عام ١٩٦٥م، حول تلوث الوسط والتدابير المتخذة لمكافحته، أن التلوث هو التغيير الذي يحدث بفعل التأثير المباشر وغير المباشر للأنشطة الإنسانية في تكوين الوسط، على نحو يخل ببعض الاستعمالات أو الأنشطة التي كان من المستطاع القيام بها في الحالة الطبيعية لذلك الوسط".

وبالرغم من أن التلوث ليس هو الخطر الوحيد الذي يهدد البيئة الإنسانية، إلا أنه من أهم الأخطار على وجه العموم؛ ولذلك فان فكرة التلوث هي مفتاح قانون حماية البيئة، وهي تشكل نقطة الانطلاق في تحديد مفهوم العمل الملوث، وتحديد المواد القانونية المناسبة لمكافحة وترتيب المسئولية عليه.

وقد عرف قانون البيئة رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ التلوث في المادة الأولى فقرة (٧)، بأنه هو "أي تغيير في خواص البيئة، مما قد يؤدي بطريق مباشر أو غير مباشر إلى الإضرار بالكائنات الحية أو المنشآت، أو يؤثر على ممارسة الإنسان لحياته الطبيعية). ونحن نرى أن التلوث هو اختلاف في

نسب مكونات الطبيعة سواء بالزيادة أو النقصان، سواء أكان بفعل الإنسان أم غيره، ويؤثر هذا الاختلاف بالسلب على البيئة والكائنات التي بها.

٢ - التلوث في اللغة الإنجليزية:

أما في اللغة الانجليزية فيستخدم لفظ (Pollution) للدلالة على حدوث التلوث، كما يستخدم الفعل (Pollute) للتعبير عن فعل التلويث، فيعبر فعل التلويث عن عدم النظافة وعدم الطهارة والتدنيس والفساد وإساءة الاستعمال.

٣ - التلوث في اللغة الفرنسية:

وتستخدم في اللغة الفرنسية كلمة (Pollution)، والتي تعني تدنيس أو تلويث أو تنجيس. مثال ذلك تلويث الهواء، أو مياه النهر بالنفايات الصناعية أو تدنيس الكنيسة.

ثانيًا: المفهوم الاصطلاحي للتلوث:

عرف قاموس المصطلحات البيئية التلوث بأنه: كل تغيير مباشر أو غير مباشر فيزيائي أو حراري أو بيولوجي، أو أي نشاط إشعاعي لخصائص كل جزء من أجزاء البيئة، بطريقة ينتج عنها مخاطر فعالة تؤثر على الصحة والأمن والرفاهية لكل الكائنات الحية الأخرى.

فالتلوث بالمفهوم العلمي يعبر عنه بأنه: حدوث تغيير وخلل في الحركة التوافقية التي تتم بين العناصر المكونة للنظام الأيكولوجي، بحيث تشل فاعلية هذا النظام، وتفقده القدرة على أداء دوره الطبيعي في التخلص الذاتي من الملوثات –وخاصة العضوية منها– بالعمليات الطبيعية. فمثلًا قد يكون نهر من الأنهار قادرًا على التخلص من الملوثات التي يقذفها مجموعة من السكان، من حوالي (٥٠:٠٠٠) نسمة مثلًا) بالعمليات الطبيعية، ولكن نفايات (١٠٠:٠٠٠) نسمة تصبح من الكثير بحيث تتلف الدائرة الأيكولوجية للمياه، ومن ثَم يزداد حجم هذه الملوثات تلقائيًا، وما يترتب على تجميع مثل هذه الملوثات من أضرار بالغة بكل مظاهر الحياة في النهر، مما يفقده الكثير من خصائصه وأهميته. وما يحدث في الأنهار يحدث أيضًا في المسطحات المائية الأخرى، وكذا الغلاف الجوي والأرض، وقد امتد هذا المفهوم للتلوث حتى أصبحت زيادة الضوضاء في حياتنا اليومية نوعًا من أنواع تلوث البيئة.

ومما تقدم نلاحظ أن التلوث عبارة عن تحريك متغيرات (نفايات الإنتاج والاستهلاك) تجاه النظام الأيكولوجي، مما يؤدي إلى الاختلال بالحركة التوافقية بين عناصره، وإحداث ما نسميه خلل في التوازن البيئي، وبالتالي يمكن النظر إلى عملية التلوث باعتبارها زيادة في نفايات عمليات الهدم والبناء داخل النسق الأيكولوجي، إلى درجة الإخلال بالحركة التوافقية التي تجري بين المكونات المختلفة لهذا النسق.

ثالثًا: المفهوم القانوني للتلوث:

التلوث هو أحد أسباب الحماية القانونية للبيئة؛ وذلك لأنه من أخطر ما يهدد البيئة في العصر الحديث، ولذلك فإننا نحتاج إلى التنظيمات القانونية والتشريعية لحماية البيئة من أضرار التلوث.

ومن الصعب الحديث عن المفهوم القانوني للتلوث، حيث إنه ما زال هذا المفهوم في معظم التشريعات غير واضح؛ ولذلك فإن المفهوم القانوني للتلوث يجب أن يشير إلى عدة عناصر هي:

١- حدوث تغيير في البيئة أو الوسط الطبيعي، وهذا التغيير تبدأ معالمه بحدوث خلل في التوازن الطبيعي لعناصر ومكونات البيئة.

٢- أن يحدث هذا التغيير بفعل الإنسان، مثال ذلك: إلقاء المخلفات الضارة، وإفراغ النفايات، وإجراء التفجيرات النووية.

٣- إلحاق الضرر بالبيئة أو احتمالية حدوثه، فتغيير البيئة أيًا كان مصدره قد لا يستدعس الاهتمام إذا لم تكن له نتائج عكسية على النظم الأيكولوجية أو البيئية، تتمثل في القضاء على المكونات والعناصر الطبيعية للبيئة أو اللازمة لحياة الإنسان وسائر المخلوقات.

إذن العبرة بنتيجة التغيير الناشئ عن عمل الإنسان، وليس التغيير الناشئ من فعل الطبيعة، فيجب أن يكون هذا التغيير ضارًا بالبيئة، ومعيار

الضرر هو حدوث الأذى على البيئة، وتعتبر تلك هي الآثار الضارة للتلوث البيئي، والتي تكون محلًا للحماية القانونية.

وقد ذهب بعض الفقهاء إلى فكرة توسيع مجال الحماية القانونية، وهو اتجاه محمود، حيث تقوم فلسفة الحماية القانونية للبيئة من التلوث على أساس حماية البيئة في ذاتها، بصرف النظر عن إلحاق ضرر جسيم بالكائنات الحية أو غير الحية الموجودة، ولكن قاعدة الحماية القانونية تنطلق من حماية البيئة نفسها من أي خلل في توازنها، أو تغيير في نظامها الطبيعي أو أي تبديد في مواردها، أو أي تهديد على مكوناتها مما قد يؤثر على التوازن الأيكولوجي.

ولذلك يكون الهدف الأساسي من التنظيم القانوني هو حماية البيئة في ذاتها ولذاتها، وهذا الاتجاه هو ما ذهب إليه القانون الفنلندي، حيث يرى وفقًا لمشروع لجنة الجرائم ضد البيئة أن يتضمن مفهوم التلوث طبقًا لأهم التدابير الجنائية ثلاثة أنواع من الأفعال هي:

١- إحداث مخلفات وما شابهها من مواد في البيئة أو النظام البيئي للطبيعة، مما يعرض توازن الطبيعة للخطر.

٢- إحداث تغييرات في البيئة مما يؤدي إلى حدوث خطر على صحة الإنسان أو خسائر كبيرة أو دائمة للطبيعة، أو أضرار جسيمة على الملكية، أو إعاقة أي معنى طبيعي لكسب العيش.

٣- تبديد الموارد الطبيعية، أو أي عمل يكون من شأنه الإضرار بالرفاهية العامة، مما يؤدي إلى تدهور أو إعاقة تجديد الموارد الطبيعية. وقد ذهب المشرع المصري مع هذا الاتجاه، وهو توسيع مجال الحماية القانونية للبيئة، حيث عرف تلوث البيئة كما ذكرنا من قبل بأنه "أي تغيير في خواص البيئة مما يؤدي بطريق مباشر أو غير مباشر إلى الإضرار بالكائنات الحية أو المنشآت، أو يؤثر على ممارسة الإنسان لحياته الطبيعية" ومن مطالعة هذا التعريف نجد أنه يتضمن عدة عناصر هي:

١ - أي تغيير في خواص البيئة.

٢ - الإضرار بالكائنات الحية.

٣ - الإضرار بالمنشآت.

٤ - التأثير على ممارسة الإنسان لحياته الطبيعية.

ونخلص من ذلك إلى أنه يجب حماية البيئة حتى ولو كان فعل التلوث لم يؤدِ إلى ضرر بالإنسان أو الكائنات الحية أو غيرها؛ لأنه إذا لم يظهر الضرر في الحال فإنه سوف يظهر في المستقبل.

فالحماية القانونية لا تقوم على معيار الضرر ولا احتمال الضرر فقط، ولكن تقوم على أساس معيار التغيير في الوسط الطبيعي نفسه،

وعلى ذلك فلا بد من مفهوم قانوني مرن ومتسع ومتطور؛ ليشمل كل أنواع التلوث وأفعاله التي تنتج عن التقدم العلمي والتكنولوجي.

يقصد بمفهوم تلوث البيئة إدخال مواد تلحق الضرر بالمكونات الفيزيائية والبيولوجية للبيئة الطبيعية، وتؤثر سلبًا على الإنسان والكائنات الحية، وقد تكون هذه المواد ضارة أو مواد طبيعية، ولكنها تعتبر ملوثة عندما تتجاوز المستويات المقبولة، ويمكن أن يحدث التلوث في البر أو البحر، أو المياه العذبة، أو الغلاف الجوي، كما أن الملوثات قد تكون مواد صلبة أو سائلة أو غازية.

أنواع التلوث وأسبابه:

يوجد العديد من أنواع التلوث، مثل:

تلوث الهواء، وتلوث الماء، وتلوث التربة، والتلوث الضوضائي، والتلوث الحراري، والتلوث الضوئي، وفيما يلي بعض أنواع التلوث وأهم أسبابه:

تلوث الهواء:

يقصد بتلوث الهواء إدخال مواد ضارة تجعل الهواء غير نظيف، مما يؤثر على حياة البشر والحيوانات والنباتات، ومن الأمثلة على المواد التي تلوث الهواء: أول أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، والهيدروكربونات، والمركبات العضوية، وجزيئات الغبار.

ومن أسباب تلوث الهواء ما يلي:

- الأكاسيد الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري، مثل: ثاني أكسيد الكبريت.
- عوادم المركبات، بما في ذلك الشاحنات والسيارات، والقطارات والطائرات.
- الغازات التي تنبعث من المبيدات الحشرية، ومبيدات الآفات، والأسمدة التي تستخدم في الأنشطة الزراعية.
- دخان المصانع الذي يطلق كمية كبيرة من أول أكسيد الكربون، والهيدروكربونات، والمواد الكيميائية، والمركبات العضوية في الهواء.
- الغبار والمواد الكيميائية الناتجة عن عمليات التعدين.
- المواد الكيميائية الناتجة عن منتجات التنظيف المنزلية والدهانات.

تلوث الماء:

يقصد بتلوث الماء دخول مواد ضارة بشكل مباشر أو غير مباشر، إلى الأنهار والبحار والمحيطات والبحيرات والجداول، ومخازن المياه الجوفية مثل الآبار، أو طبقات المياه الجوفية؛ مما يغير من خصائصها الكيميائية أو البيولوجية أو الفيزيائية.

وينتج تلوث الماء عن:

- إلقاء نفايات المصانع التي تحتوي على ملوثات مثل: الكبريت، والأسبست، والنترات، والرصاص، والزئبق، وغيرها من المواد الكيميائية الضارة في المسطحات المائية.

- وصول مياه الصرف الصحي التي تحمل البكتيريا الضارة والمواد الكيميائية إلى المسطحات المائية.

- اختلاط المواد الكيميائية الناتجة عن عمليات التعدين بالماء.

- إلقاء النفايات، مثل: الورق والألمنيوم والمطاط، والزجاج والبلاستيك، أو الطعام في المسطحات المائية.

- تسرب النفط من الناقلات البحرية.

- وصول الأمطار الحمضية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري إلى المسطحات المائية.

- اختلاط المواد الكيميائية التي تنبعث من الأسمدة ومبيدات الآفات مع مياه الأمطار وتدفقها إلى المسطحات المائية.

- تسرب مياه الصرف الصحي من الأنابيب واختلاطها بالمياه الجوفية.

- تراكم الكائنات الحية البحرية التي تموت نتيجة الاحتباس الحراري وارتفاع درجات الحرارة؛ مما يلوث المسطحات المائية.

- اختلاط مياه الأمطار أو المياه الجوفية مع المواد المتسربة من مدافن القمامة.

تلوث التربة:

يقصد بتلوث التربة اختلاط التربة بمواد كيميائية ليست من المكونات الأصلية لها، وإنما من صنع الإنسان؛ مما يؤثر على نمو النباتات التي تشكل المصدر الرئيسي لغذاء الإنسان. ومن أسباب تلوث التربة ما يلي:

- النفايات الصناعية الصلبة التي تتراكم على سطح التربة، وتجعلها غير صالحة للاستخدام.

- امتصاص التربة للمواد الكيميائية التي تدخل في تصنيع الأسمدة، ومبيدات الآفات.

- تسرب النفايات البيولوجية مثل: البول والبراز إلى التربة من خلال نظام الصرف الصحي، أو عن طريق الحفاظات المستعملة التي ترمى في مقالب القمامة.

- تسرب النفط إلى التربة أثناء نقله أو تخزينه.

- اختلاط المطر الحمضي بالتربة.

التلوث الضوضائي:

ينتج التلوث الضوضائي عن الأصوات غير المرغوب فيها، والتي يمكن أن تسبب إزعاجًا وعدم ارتياح لدى الكائنات الحية بشكل عام، وللبشر بشكل خاص، ويقاس التلوث الضوضائي بوحدة الديسيبل (بالإنجليزية: Decibel). يبلغ حد الصوت الصناعي المسموح به وفقا لمنظمة الصحة العالمية (٧٥) ديسيبل، أما شدة الضجيج التي تصل إلى (٩٠) ديسيبل فتسبب ضعف السمع، وعندما تصل شدة الضجيج لأكثر من (١٠٠) ديسيبل يمكن أن تسبب فقدان السمع الكامل.

ومن أسباب التلوث الضوضائي:

- آلات المصانع، مثل: المطاحن والمولدات والضاغطات وغيرها.
- المناسبات الاجتماعية التي تتضمن موسيقى ورقص.
- وسائل النقل مثل القطارات والطائرات والسيارات.
- أنشطة البناء المختلفة: كبناء الجسور والسدود والمباني والطرق.
- الأنشطة المنزلية التي تنتج أصواتًا قد تكون مزعجة مثل التلفاز، وطناجر الضغط، والمكانس الكهربائية، والغسالات، والمجففات، ومكيفات الهواء، وغيرها.

قد يظن البعض أن التلوث الضوضائي من أقل أنواع التلوث خطورة، وفي الحقيقة فإن التلوث الضوضائي يسبب العديد من الآثار الضارة، ومنها:

- يؤثر على الصحة النفسية للبشر، ويسبب العدوانية والإجهاد والتعب.

- يسبب اضطرابات النوم، ويعيق نمط النوم؛ مما يسبب الشعور المستمر بالتعب، ويقلل من الكفاءة في أداء مختلف الأنشطة اليومية.

- يسبب أمراض القلب والأوعية الدموية الناتجة عن الإجهاد، كما أن الضوضاء تسبب ارتفاع ضغط الدم، وزيادة معدل ضربات القلب؛ لأنها تعيق تدفق الدم بشكل طبيعي.

- يقلل من قدرة البشر على التواصل السليم، ويسبب الصداع، ويخل بالتوازن العاطفي.

- يؤثر على الحيوانات التي تعتمد على حاسة السمع للبقاء على قيد الحياة، ويقلل من فعاليتها في الصيد أو الهروب من الأعداء؛ مما يخل بالتوازن البيئي، كما أن الضجيج يسبب التشويش على الحيوانات التي تعتمد على الأصوات في الهجرة والتزاوج، ويسبب اضطراب الحيوانات الأليفة ويزيد من عدوانيتها.

التلوث الحراري:

يقصد بالتلوث الحراري تغير درجة حرارة المسطحات المائية سواء بالارتفاع أو الانخفاض، نتيجة الأنشطة البشرية. ويؤدي التلوث الحراري لتغيير مستوى الأكسجين في الماء؛ مما يؤثر سلبًا على الكائنات الحية التي تعيش في الماء، وعلى النباتات التي تعيش بالقرب من المسطحات المائية، ويحدث التلوث الحراري لعدة أسباب منها:

- استخدام المياه لتبريد محطات إنتاج الطاقة الكهربائية، والآلات في المصانع، وإعادتها مرة ثانية إلى المصدر بعد أن ترتفع درجة حرارتها.

- تعرية التربة التي تسبب ارتفاع مستوى المسطحات المائية؛ مما يجعلها أكثر عرضة لأشعة الشمس.

- إزالة الغابات وقطع الأشجار، فتصبح المسطحات المائية أكثر تعرضًا لأشعة الشمس المباشرة؛ مما يزيد من امتصاصها للحرارة، كما أن قطع الأشجار يزيد من تركيز الغازات الدفيئة التي تسبب الاحتباس الحراري.

- ارتفاع درجة حرارة الماء أثناء جريانه على الأسطح المعبدة التي تكون مرتفعة الحرارة، مثل الطرق ومواقف السيارات قبل وصوله إلى المسطحات المائية.

- أسباب طبيعية تزيد من حرارة المسطحات المائية، مثل البراكين، وغيرها من الأنشطة التي تنتج الحرارة الجوفية، بالإضافة للبرق.

التلوث الضوئي:

يقصد بالتلوث الضوئي الاستخدام المفرط للأضواء الصناعية التي تغير من الإضاءة الطبيعية للبيئة؛ مما يؤثر على صحة وسلامة البشر والحياة البرية، ونمو النباتات، ويؤدي إلى زيادة في استهلاك الطاقة، ويتدخل في البحوث الفلكية، ويسبب اضطراب النظم البيئية.

ومن أسباب التلوث الضوئي ما يلي:

- الاستخدام المفرط للافتات المتوهجة وأضواء الزينة، وإنارة الشوارع القوية غير المدروسة.

- ترك الغرف غير المستخدمة مضاءة.

- الاكتظاظ السكاني الذي يسبب وجود العديد من مصادر الضوء في منطقة محدودة.

أسباب التلوث الهواء:

ينتج تلوث الهواء عن العديد من الأسباب، ومن أهمها ما يأتي:

الصناعة:

تعتبر الصناعة إحدى الأسباب الرئيسية التي تسهم في تلوث الهواء، حيث ينتج عن العمليات الصناعية العديد من الملوثات في الهواء، مثل: أكسيد النيتروز (بالإنجليزية: Nitrous Oxide) والهيدروفلوروكربون (بالإنجليزية: Hydrofluorocarbons)، كما تسهم الأعمال الزراعية، وتربية الماشية، ومكبات النفايات في تركيز الميثان في الغلاف الجوي، فيكون التأثير العام هو زيادة احتمالية الاحتباس الحراري.

حرائق الخشب:

تسبب حرائق الخشب تلوث الهواء عن طريق إطلاق مواد جسيمية في الهواء، حيث يمكن أن تدخل هذه الجسيمات إلى الجهاز التنفسي؛ مما يسبب تهيج الأنسجة، كما تؤثر هذه الجسيمات في تفاقم الظروف الصحية الموجودة عند الإنسان مثل الربو.

التدخين:

يعد التدخين أحد أهم وأخطر عوامل تلوث الهواء، حيث يحتوي دخان التبغ على ٤٠ مادة مسرطنة.

- العمليات الطبيعية:

يمكن أن تسهم العمليات الطبيعية كالبراكين والأعاصير، في التأثيرات الناتجة عن تلوث الهواء على نطاق واسع؛ ذلك لما تسببه من حطام وأضرار، ويؤدي التآكل الطبيعي للصخور والتربة إلى إطلاق العديد من السموم في الهواء مثل الرادون Radon، الذي يعد أحد الأسباب الرئيسية للإصابة بسرطان الرئة.

أسباب التلوث المائي:

يحدث التلوث المائي نتيجةً لعدة أسباب، ومنها الآتي:

تلوث الأراضي في المناطق الحضرية:

يعد جريان الأمطار في المناطق الحضرية أحد مصادر التلوث الرئيسية التي تؤثر على جودة المياه الجارية والخلجان، وغالبًا ما تكون مياه الأمطار الموجودة في الشوارع ملوثة بزيت السيارات والغبار، وفضلات الحيوانات والتربة، وترسبات مواقع البناء، بالإضافة إلى أن المناطق الصناعية غالبًا ما تحتوي على مواد سامة ومواد كيميائية ذات تركيز عال.

تضرر الأراضي الزراعية:

تشمل مصادر التلوث في المناطق الزراعية المبيدات الحشرية، والأسمدة والسماد الحيواني، والتربة المنجرفة في الجداول مع مياه الأمطار،

حيث تسهم زيادة مخزون المياه في إمكانية الوصول إلى مصارف المياه، التي قد تفسد الماء بالتلوث وتعجل عملية التعرية.

تضرر الأراضي الحرجية:

قد تسهم عمليات التحريج في زيادة تآكل التربة وجريان الترسبات في المياه.

أسباب أخرى للتلوث:

يوجد العديد من الأسباب الأخرى للتلوث، ومنها ما يأتي:

الزراعة:

تعتبر الزراعة من أكبر مصادر التلوث بالنيتروجين والفوسفور؛ وذلك بسبب السماد الحيواني، واستخدام أسمدة زائدة عن حاجة التربة في المحاصيل والحقول، بالإضافة لتآكل التربة.

مياه الأمطار:

تتسبب الأمطار بتلوث الممرات المائية بالنيتروجين والفسفور، وغيرها من الملوثات التي تحملها الأمطار نتيجة لمرورها عبر الأسطح الصلبة كأسطح المنازل والأرصفة والطرق.

المياه العادمة:

تتسبب المياه العادمة في تلوث مصادر المياه؛ وذلك نتيجة لعدم معالجتها بشكل صحيح، وعدم إزالة أنظمة الصرف الصحي لما يكفي من النيتروجين والفوسفور الموجودين قبل التفريغ في المجاري المائية.

الوقود الأحفوري:

أدت زيادة استخدام الوقود الأحفوري كمصدر لتوليد الطاقة الكهربائية واستخدامه في الصناعة والزراعة والمواصلات، إلى زيادة كمية النيتروجين في الهواء وتلوثه.

تلوث البيئة

والتلوث البيئي أحد أكثر المشاكل خطورة على البشرية، وعلى أشكال الحياة الأخرى التي تدب حاليًا على كوكبنا. ففي مقدور هواء سيء التلوث أن يسبب الأذى للمحاصيل، وأن يحمل في طياته الأمراض التي تهدد الحياة. لقد حدت بعض ملوثات الهواء من قدرة الغلاف الجوي على ترشيح إشعاعات الشمس فوق البنفسجية، والتي تنطوي على الأذى. ويعتقد العديد من العلماء أن هذه الإشعاعات، وغيرها من ملوثات الهواء، قد أخذت تحدث تغييرًا في مناخات العالم. وتهدد ملوثات الماء والتربة قدرة المزارعين على إنتاج الغذاء الضروري لإطعام سكان العالم، كما تهدد الملوثات البحرية الكثير من الكائنات العضوية البحرية.

يرى كثير من الناس في ملوثات الهواء والماء والتربة أشكالًا متميزة من أشكال التلوث، إلا أن كل جزء من أجزاء البيئة –أي الهواء والماء والتربة– يعتمد كل منها على الآخر، وعلى النباتات والحيوانات التي تعيش ضمن هذه البيئة. وتشكل العلاقات بين كل الكائنات الحية وغير الحية في بيئة معينة نظامًا يسمى النظام البيئي، وترتبط كل الأنظمة البيئية بعضها ببعض. وهكذا فإن الملوث الذي يبدو وكأنه يؤثر في جزء واحد فقط من البيئة، ربما أثر أيضًا في أجزاء أخرى، فالدخان السخامي المنبعث من محطة قذرة على سبيل المثال قد يبدو مؤثرًا على الغلاف الجوي فقط، ولكن في مقدور الأمطار أن تطرد بعض الكيميائيات الضارة الموجودة في الدخان، وإسقاطها على الأرض أو على مجاري المياه.

تنبعث بعض الملوثات، مثل أنبوب المجاري الذي يطرح ماء متسخًا في نهر من الأنهار، من نقطة محدودة أو مكان محدد، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود، في حين تنبعث ملوثات أخرى من مناطق واسعة. ففي مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار، كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات، وتحملها إلى الآبار التي تزودنا بمياه الشرب. ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللا محدود.

تلوث المدن:

يرغب كل شخص تقريبًا في الحد من التلوث، ولكن معظم التلوث الذي يهدد صحة كوكبنا حاليًا يأتي –لسوء الحظ– من منتجات يحتاجها كثير من الناس ويرغبون فيها. فمثلًا توفر السيارات للراحة بنقلها للأشخاص، ولكنها تنتج نسبة عالية من تلوث الهواء في العالم. وتنتج المصانع منتجات يستخدمها الناس، ويستمتعون بها، ولكن العمليات الكيميائية في مقدورها أن تسبب التلوث. وتساعد المبيدات والأسمدة في نمو كميات كبيرة من الأغذية، ولكنها تسمم التربة ومجاري المياه.

يتوجب على الناس أن يقللوا من استخدام السيارات، ووسائل الراحة الحديثة الأخرى؛ وذلك من أجل وضع نهاية للتلوث، أو التقليل منه إلى حد كبير، كما أن على بعض المصانع أن تغلق أبوابها أو أن تغير طرق إنتاجها، ولكن إغلاق هذه الصناعات سيزيد من البطالة؛ وذلك لأن معظم أعمال الناس تعتمد على صناعات تسهم في التلوث البيئي. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي توقف المزارعين فجأة عن استخدام المبيدات والأسمدة إلى الحد من الغذاء اللازم لإطعام الناس في هذا العالم.

وعلى أي حال يمكن تقليل التلوث –بمرور الزمن– بعدة طرق، دونما أي تعطيل جدي لمسيرة حياة الناس. فمثلًا يمكن للحكومات أن تسن تشريعات تشجع المؤسسات على تبني طرق تشغيلية قليلة التلوث، ويمكن للعلماء والمهندسين أن يطوروا منتجات تصنيعية نظيفة وأكثر أمانًا بالنسبة

للبيئة، كما يمكن للأفراد والجماعات في العالم أن يجدوا بأنفسهم طرقًا تقلل من التلوث البيئي.

التلوث البيئي يدمر الأماكن التي تحيط بنا، وتعد الغازات والدخان في الهواء، والمواد الكيميائية والمواد الأخرى في الماء، والنفايات الصلبة على الأرض، من أسباب التلوث.

صور التلوث

١– تلوث الهواء:

- **تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون.**
- **تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت.**
- **تلوث الهواء بعوادم السيارات والرصاص.**
- **تلوث الهواء بالشوائب.**
- **تلوث الهواء بمركبات الكلوروفلوروكربون.**
- **أثر تلوث الهواء على طبقة الأوزون.**

٢– الأمطار الحامضية.

٣– التلوث بالعناصر الطبيعية.

٤- تلوث الماء.

٥- التلوث الكيماوي.

٦- التلوث بالمبيدات الحشرية.

٧- التلوث بالمخصبات الزراعية.

٨- التلوث بمخلفات البترول.

٩- التلوث النووي.

١٠- التلوث بمياه الصرف الصحي.

١١- التلوث بالمخلفات الصلبة وطرق التخلص منها.

١٢- التلوث بالمخلفات السائلة وطرق التخلص منها.

١٣- التلوث الضوضائي.

١٤- التلوث الكهرومغناطيسي.

الفصل الثالث

تلوث الهواء

- صور التلوث الهوائي.
- التحكم في تلوث الهواء.
- نظرة عامة على التلوث.
- مصادر التلوث الهوائي.
- القضايا الناجمة عن تلوث الهواء.
- التلوث بغاز أول أكسيد الكربون.
- التلوث بغاز ثاني أكسيد الكربون.
- التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين.
- التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت.
- التلوث بأكاسيد النيتروجين.
- التلوث بالرصاص.
- التلوث بمركبات الكلوروفلوروكربون.

- التلوث بالغبار والمواد العالقة.
- التلوث بالكائنات الدقيقة والميكروبات.
- أضرار تلوث الهواء على طبقة الأوزون.
- التلوث بالرادون.
- التلوث بالاسبستوس.
- المخاطر والمعوقات.
- تلوث الهواء في المناطق الحضرية.
- المطر الحمضي وأسبابه.
- جودة الهواء في الدول النامية.
- جودة الهواء المنزلي.
- الآثار الصحية لتلوث الهواء.

صور التلوث الهوائي

تحيط بالكرة الأرضية كتلة هائلة من الغلاف الهوائي الضروري للحياة عليها، تقدر بحوالي خمسة مليون بليون طن، ويتكون الهواء النقي –قبل أن تظهر فيه آثار التلوث البشري– من عدة غازات، منها النيتروجين والأكسجين وغاز الأرجون وثاني أكسيد الكربون، وغازات أخرى مثل الهليوم والهيدروجين والميثان، وتوجد نسبة من بخار الماء تتراوح بين ١–٣٪. ويحدث تلوث الهواء من تدخل الإنسان في تغيير نسب مكونات الهواء، وذلك بالمخلفات أو العوادم التي تخلفها الصناعات. وقد عرف قانون البيئة التلوث الهوائي بأنه: "كل تغيير في خصائص ومواصفات الهواء الطبيعي، يترتب عليه خطر على صحة الإنسان والبيئة، سواء كان هذا التلوث ناتجًا عن عوامل طبيعية أو نشاط إنسانص، بما في ذلك الضوضاء".

يقسم العلماء التلوث إلى عدة أنواع، استنادًا إلى معايير مختلفة، وسوف نقوم بعرض بعض هذه الأنواع المختلفة للتلوث الهوائي، وذلك في النقاط التالية:

أولًا: التلوث البيولوجي:

يعتبر التلوث البيولوجي من أقدم صور التلوث البيئي التي عرفها الإنسان، وينشأ نتيجة وجود كائنات حية، مرئية وغير مرئية نباتية أو حيوانية، في الوسط البيئي، كالماء والهواء أو التربة، كالبكتريا والفطريات

وغيرها. وهذه الكائنات تظهر إما على شكل مواد متحللة أو مؤلفة من ذرات، وإما على شكل أجسام حية تتطور من شكل إلى آخر في دورة متجددة باستمرار، وينجم التلوث البيولوجي عادة من الرواسب الناتجة عن الأنشطة الصناعية أو الزراعية أو المنزلية، وأيضًا من النفايات المتخلفة عن الصناعات التي تعالج مواد عضوية وما شابه ذلك.

ثانيًا: التلوث الإشعاعي:

والتلوث الإشعاعي يكون بتسرب مواد مشعة إلى أحد مكونات البيئة (تربة – هواء – ماء)، والمواد المشعة تنقسم إلى قسمين هما: إشعاعات كهرومغناطيسية وإشعاعات ذات طبيعة جسمية. أما الإشعاعات الكهرومغناطيسية فهي مثل أشعة جاما وأشعة إكس، وهي تستخدم في المجالات العلمية، ولهذا النوع من الإشعاعات قدرة عالية على اختراق أنسجة الجسم، أو أي مواد أخرى لمسافة بعيدة.

أما الإشعاعات ذات الطبيعة الجسمية فهي مثل أشعة ألفا وأشعة بيتا، ولهذا النوع من المواد المشعة قدرة أقل على اختراق الأجسام، واستنشاق أي غبار يحتوي على هذه الإشعاعات، من شأنه أن يحدث ضررًا كبيرًا على الخلايا التي تمتصه.

ويعتبر التلوث الإشعاعي من أخطر ملوثات البيئة في عصرنا الحاضر، حيث أنه لا يرى ولا يشم ولا يحس، ويتسلل إلى الكائنات في كل مكان دون مقاومة، ودون ما يدل على تواجده، ودون أن يترك أثرًا في بادئ

الأمر، وعندما تصل المادة المشعة إلى خلايا الجسم فإنها تحدث بها أضرارًا جسيمة، تودي في معظم الأحيان بحياة الإنسان.

والتلوث الإشعاعي يحدث من مصادر طبيعية أو من مصادر صناعية، والتلوث الذي يحدث من المصادر الطبيعية هو كالأشعة الصادرة من الفضاء الخارجي، والغازات المشعة المتصاعدة من القشرة الأرضية. أما التلوث الناتج من المصادر الصناعية فهو يحدث بفعل الإنسان، كمحطات الطاقة النووية والمفاعلات الذرية وغيرها.

ثالثًا: تلوث الهواء الناتج عن حرق الوقود:

مما لاشك فيه أن حرق الوقود –خاصة الفحم والبترول– يؤدي إلى تكوين كميات عالية من الدقائق ذات الأحجام المختلفة، والتي من بينها الآتي:

١- جسيمات كبيرة: وهي التي تكون ما يشبه التراب، وأهمها دقائق الكربون.

٢- جسيمات دقيقة: وهي التي تكون الدخان، ومن بينها دقائق الكربون، وأتربة المعادن والقار، والأكاسيد الصلبة والكبريتات والنترات. وعادة ما تترسب الجسيمات الكبيرة بالقرب من مصدر الاحتراق، وذلك بفعل الجاذبية الأرضية، بينما يبقى الدخان مدة طويلة في الهواء، وبالطبع فإن التراب المترسب يجعل المناطق التي

يتراكم عليها سوداء، ناهيك عن الأضرار التي يلحقها بالنباتات، وصعوبة التنفس بالنسبة للإنسان والحيوان، أما الدخان فإنه يستنشق ويدخل إلى الجهاز التنفسي، ويتسبب في حدوث أمراض خطيرة بالجهاز التنفسي.

كما أن حرق الوقود يؤدي إلى تكوين مركبات أخرى غازية سامة، هي المركبات النتيروجينية والمركبات الأوكسيجينية، والهالوجينات والمواد المشعة.

وعادة يوجد على الأقل ثلاثة مصادر رئيسية لاحتراق الوقود وهي:

١- السيارات:

تمثل السيارات المصدر الرئيسي لتلوث الهواء، حيث إن ثلثي كمية أول أكسيد الكربون، ونصف كمية الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروز التي تلوث الهواء يرجع مصدرها إلى السيارات، وينتج عن عملية الاحتراق داخل موتور السيارة عدة مركبات، هي هيدروكربونات غير محترقة وأول أكسيد الكربون وثانيه، وأكاسيد نيتروجينية وأكاسيد كبريت ومركبات رصاص، وبخار ماء وجسيمات صلبة وروائح.

٢- محطات القوى الكهربائية:

تنتج هذه المحطات كميات كبيرة من المواد الملوثة، وكميات كبيرة من المواد الهيدروكربونية غير المحترقة، وغاز أول أكسيد الكربون؛ وذلك لعدم الاحتراق التام للوقود.

٣ - العمليات الصناعية المختلفة:

وتشمل مراكز صهر المعادن ومعامل تكرير البترول، ومصانع المواد الكيماوية ومصانع الورق والسكر والزجاج، ومراكز حلج القطن وغزله ونسجه، ومصانع البلاستيك والمطاط.

رابعًا: ملوثات الهواء:

تتنوع ملوثات الهواء حسب طبيعة تأثيرها على الإنسان إلى أنواع متعددة، أهمها:

١- الملوثات السامة:

وهي تلك التي تتلف أنسجة الجسم التي تصل إليها عن طريق الدم، ومن أمثلتها مركبات الزرنيخ والزئبق والرصاص والفسفور.

٢- الملوثات الخانقة:

وهي التي تعطل تحقيق الهدف من عملية التنفس، ومن أهمها غاز أول أكسيد الكربون، الذي يمنع الدم من استخلاص الأكسجين من الهواء، وتعتبر الملوثات الخانقة أكبر أنواع الملوثات انتشارًا وبالتالي أكثرها خطورة.

٣- الملوثات المهيجة:

وهي التي تحدث التهابًا في الأسطح المخاطية الرطبة من الجسم كالأنف والعين، ومنها أكاسيد الكبريت التي تكون بذوبانها في الماء حمض الكبريتيك، ومنها أنواع الغبار والأتربة المختلفة التي تهيج الجهاز التنفسي.

٤- الملوثات المخدرة:

وهي التي تخفض ضغط الدم ونشاط الجهاز العصبي عن طريق الرئتين، ومن أمثلتها المواد الكحولية الهيدروكربونية.

٥- الملوثات الحرارية:

لا يقتصر التلوث الهوائي على الإخلال بنسب الغازات المكونة للهواء، أو وجود بعض العوالق الضارة به، وإنما يحدث أيضًا أن يتلوث الهواء تلوثًا حراريًا نتيجة الحرائق ودخان المصانع وأجهزة تكييف الهواء.

٦- ملوثات الروائح الكريهة:

يعتبر من ملوثات الهواء أيضًا أية روائح كريهة تنبعث في الأماكن العامة، أيًا كان مصدرها سواء أكان نتيجة إلقاء المخلفات وتحلل المواد العضوية التي بها، أم كان مصدرها احتراق الوقود أيًا كان الغرض من استعماله؛ وذلك لأن الإنسان يتأذى من استنشاق هذه الروائح، فضلًا عما تؤدي إليه من أضرار صحية.

وقد نصت المادة ٣٩ من اللائحة التنفيذية لقانون البيئة المصري على أنه: "يلتزم متعهدو جمع القمامة والمخلفات الصلبة بمراعاة نظافة صناديق وسيارات جمع القمامة، وأن يكون شرط نظافتها المستمرة واحدًا من الشروط المقررة لأمن وسائل نقل القمامة ومتانتها. كما يلزم أن تكون صناديق جمع القمامة مغطاة بصورة محكمة، ولا ينبعث عنها روائح كريهة، أو أن تكون مصدرًا لتكاثر الذباب وغيره من الحشرات، أو بؤرة تجذب الحيوانات الضالة. وأن يتم جمع ما بها من قمامة ونقلها على فترات مناسبة، تتفق وظروف كل منطقة، بشرط ألا تزيد كمية القمامة في أي من تلك الصناديق وفي أي وقت عن سعته. وتقوم وتلاحظ من مطالعة الإدارة المختصة بالمحليات بالرقابة على تنفيذ أحكام هذه المادة".

هذه المادة جعلت نظافة سيارة جمع القمامة شرطًا من شروط الأمن والمتانة لها، وهذا الالتزام من الالتزامات التي ينص عليها قانون المرور، كذلك ألزمت هذه المادة متعهدي جمع القمامة بأن تكون صناديق جمع

القمامة مغطاة بصورة محكمة؛ حتى لا تنبعث منها أية روائح كريهة، وهذا اتجاه محمود من المشرع للقضاء على كل ما من شأنه تلويث البيئة الهوائية.

التحكم في تلوث الهواء:

ظلت العمليات الطبيعية لتنقية الهواء قرونًا طويلة كافية للتحكم في تلوث الهواء؛ إذ كان المطر والثلج يزيلان المواد الملوثة من الهواء، كما أن قسمًا كبيرًا من الملوثات الصلبة يسقط على الأرض ليمتص في التربة، ولكن مع الزيادة المطردة في مصادر التلوث لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الهواء، ولا بد من العمل على التحكم في الملوثات الضارة، وهناك العديد من طرق التحكم في التلوث الهوائي يمكن بيانها في النقاط التالية:

أولًا: فصل الملوثات وترسيبها:

تتضمن هذه الطريقة فصل الملوثات أو ترسيبها قبل انطلاقها إلى الوسط المحيط، وتكمن أفضل الوسائل للتخلص من الملوثات في تغيير طريقة الإنتاج، والتحول إلى الطرق المحكمة الإغلاق (الحلقة المغلقة).

وتكنولوجيا هذه الطريقة وصعوبتها أدت إلى الإعتماد على وسائل مختلفة لتجميع الجزيئات والغازات الضارة المختلفة وعزلها، وذلك باستخدام وسائل مختلفة، أهمها المرشحات والمرسبات الكهربائية والوسائل الميكانيكية الأخرى، كالأبراج ومعدات الاحتراق الخاصة وغيرها، بحيث تتناسب مع طبيعة الملوثات المنطلقة والمطلوب التحكم فيها.

ويمكن فصل الجزيئات الصلبة المختلفة قبل انطلاقها إلى الهواء الخارجي، بواسطة مرشحات تسمح بمرور الغازات وتوقف الجزيئات الصلبة.

وهناك طرق ميكانيكية أخرى تعتمد على مبدأ ترسيب الجزيئات الصلبة المختلفة في مرسبات خاصة، مثل المرسبات الإلكتروستاتيكية، والتي تستعمل على نطاق واسع. كما توجد طرق أخرى أكثر تعقيدًا بعضها يجعل الهواء المحمل بالجسيمات الصلبة يلامس شرائح ميكروسكوبية بواسطة صفائح ساخنة وباردة، إذ توضع الصفائح الساخنة والباردة جنبًا إلى جنب، وتثبت الشريحة الميكروسكوبية في الصفيحة الباردة، وعندما يمر الهواء بين الصفيحتين تدفع الحرارة الصادرة من الصفيحة الساخنة الهواء الملوث نحو الصفيحة الباردة، حيث تلتصق المواد الملوثة بالشريحة الميكروسكوبية. وباستعمال هذه الطريقة تم خفض كمية الجزيئات الصلبة المنطلقة في الولايات المتحدة الأمريكية والمقدرة بـ١٨ مليون طن عام ١٩٦٦م بنسبة ٨٧٪، وذلك بواسطة المرسبات الإلكتروستاتيكية والمجمعات.

أما الغازات الملوثة فلا يمكن جمعها بطريقة ميكانيكية كما في الجزيئات الصلبة؛ وذلك لأن جزيئاتها ليست أكبر من الهواء أو أثقل منه، ولكن كثيرًا من الغازات الملوثة يمكن أن تكون أكثر ذوبانًا في السوائل من الهواء، وعندما يمر الهواء الملوث قبل انطلاقه خلال سوائل معينة تزال غازات بعينها وذلك بذوبانها في السائل.

ومن المعروف أنه يوجد سوائل تزيل ثاني أكسيد الكبريت، بينما توجد سوائل أخرى تزيل كبريتيد الهيدروجين وهكذا.

ثانيًا: تحويل الملوثات إلى مركبات غير سامة:

يعتبر من أهم طرق تحويل الملوثات إلى مركبات جديدة غير سامة هي أكسدتها، وتستعمل الأكسدة بشكل فعال للتخلص من بعض الغازات، ونادرًا ما تستعمل للتخلص من الجزيئات الصلبة، فعندما تحتوي المواد المستخدمة كوقود على الكربون والهيدروجين والأكسجين، فإنه من الممكن أكسدتها آليًا، ولكن مثل هذه العمليات من الأكسدة الكاملة مكلفة؛ ذلك لأنها تحتاج إلى طاقة إضافية لإتمام عملية أكسدة الغازات الملوثة المنطلقة.

مثال ذلك تحويل الغازات الملوثة في عادم السيارات إلى غازات غير سامة، ولإتمام عملية التحويل فإنه تستخدم طريقتان أساسيتان هما:

١- حقن الهواء في صمامات العادم، حيث تكون حرارة العادم عند أعلى درجة حرارة، مما يستحث عمليات أكسدة المواد غير المؤكسدة أو المؤكسدة جزئيًا.

٢- تصميم الأسطوانات (السلندرات)، وضبط نسبة الهواء والوقود وتوقيت الشرر وغير ذلك من المتغيرات؛ لتقليل كميات

الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون في العادم، إلى الحد الذي لا يلزم معه حقن العادم بالهواء (وهذه الطريقة هي السائدة الآن).

ثالثًا: الإجراءات الوقائية للمحافظة على الهواء:

يجب العمل على تلافي مخاطر التلوث الهوائي في مرحلة مبكرة، وذلك بالتخطيط العلمي، بحيث لا يؤدي الأخذ بوسائل التنمية الصناعية والتكنولوجيا الحديثة إلى إحداث الخلل بمتطلبات الصحة البيئية، ومن أهم الإجراءات المساعدة على خفض التلوث وأخطاره ما يلي:

١- يجب اتباع التخطيط العلمي عند إنشاء أية صناعة، بحيث يؤخذ بعين الاعتبار المناخ والتضاريس وغيرها، وعدم السماح ببناء منشآت صناعية تعدينية أو كيماوية وغيرها بالقرب من المدن السكانية، وخاصة الصناعات شديدة التلويث، كصناعة الإسمنت ومحطات الطاقة الكهربائية، ويجب الأخذ بعين الاعتبار توسع المدن المستقبلي من ناحية، وقدرة البيئة الطبيعية على استيعاب النفايات الصناعية من ناحية أخرى.

٢- يجب العناية الدائمة ومراقبة آلات الاحتراق في المعامل ومحطات الطاقة الكهربائية؛ وذلك لتقليل كمية الملوثات المنطلقة منها، كذلك مراقبة السيارات ووسائل النقل والكشف على محركاتها بصفة دورية.

٣- يجب استبدال وسائل التدفئة القديمة بأخرى ذات نوعية جيدة -إما كهربائية أو ذات تقنية عالية- بحيث يكون الاحتراق فيها كاملًا.

٤- وضع تشريعات ولوائح ومقاييس خاصة بالتركيزات القصوى للملوثات التي يسمح بوجودها في الهواء، وخاصة هواء المدن السكانية والمناطق الصناعية، وإقامة شبكة محطات رصد ومراقبة للتلوث تديرها هيئة خاصة بمراقبة التلوث.

٥- الاهتمام بزراعة الأشجار والمسطحات الخضراء؛ لأنها تلعب دورًا بالغًا في تنقية الهواء وذلك بالتقليل من تأثير الملوثات، وفي تحسين ظروف الوسط المحيط بالإنسان والكائنات الحية.

يعتبر التلوث البيئي من أهم المشكلات التي تواجه الإنسان في الآونة الأخيرة، ويأتي التلوث الهوائي في مقدمة هذه المشكلات البيئية؛ وذلك لعدم إمكانية السيطرة على الهواء وتحديد انتشاره من مكان إلى آخر.

نظرة عامة

يستطيع الإنسان البقاء دون طعام لعدة أيام، ولكنه لا يستطيع الاستغناء عن الهواء إلا لدقائق معدودة، وبالتالي يجب أن يكون الهواء صالحًا للاستنشاق، ولا يحتوي على ملوثات من شأنها أن تسبب ضررًا بالصحة العامة، سواء علي المدى القريب أو البعيد. يتكون الغلاف الجوي الخالي من الملوثات من ٧٨٪ نيتروجين، ٢١٪ أكسجين، وحوالي ٠.٩٪

غاز أرجون، والبقية عبارة عن كميات قليلة من ثاني أكسيد الكربون، والنيون والهليوم والهيدروجين، بالإضافة إلى بخار الماء.

يستطيع الهواء أن يحتفظ بمكوناته في الظروف الطبيعية وحسب دورة الحياة في النظام البيئي، فالنبات مثلًا يأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو، ويحتفظ بالكربون ويطلق الأوكسجين، وتتنفس الكائنات الحية الأوكسجين، وإذا زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو فإن الفائض يذوب في البحار والمحيطات، ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم مكونًا كربونات الكالسيوم (الأحجار الجيرية)، وبذلك تحفظ الطبيعة ذاتها.

يعتبر تلوث الهواء من أقدم المشاكل البيئية التي عرفها الإنسان، حيث إن مصادرة الطبيعية متعددة كالبراكين. وقد بدأت مشاركة الإنسان في التلوث الهوائي بالظهور منذ أن بدأ الإنسان باستخدام النار في حياته اليومية للطهي وللتدفئة وغيرها. ومنذ ذلك الحين ما زالت هذه القضية في تفاقم مستمر، وأصبحت تعد من أهم وأخطر القضايا البيئية على الإطلاق. وشهد العام ١٣٠٠ صدور أول تشريع بيئي خاص بالهواء عندما أصدر الملك إدوارد الأول ملك إنجلترا مرسومًا ملكيًا يقضي بمنع حرق الفحم خلال فترة انعقاد المجلس.

يتميز التلوث الهوائي عن غيره من أشكال التلوث في أنه سريع الانتشار، حيث لا يقتصر تأثيره على منطقة المصدر وإنما يمتد إلى المناطق المجاورة والبعيدة، كذلك وبعكس أشكال التلوث الأخرى (المياه العادمة

والنفايات الصلبة وغيرها)، فإن التلوث الهوائي لا يمكن السيطرة علية بعد خروجه من المصدر؛ لذا يجب التحكم به ومعالجته قبل خروجه إلى الجو، كما أنه غالبًا ما يكون لا يرى بالعين المجردة، بالإضافة إلى أنه متعدد المصادر. كل هذه الصفات تجعل من تلوث الهواء القضية البيئية الكبرى.

بدأت مشكلة تلوث الهواء تظهر بشكل فعلي وجدي بعد الحرب العالمية الثانية وظهور البترول، وما تلاها من ثورة صناعية ورخاء اقتصادي. فقد انتشرت المصانع المختلفة التي تعمل على الفحم والبترول كما انتشرت السيارات وآليات النقل المختلفة؛ مما أدى إلى ارتفاع حاد في نسبة الملوثات الهوائية وذرات الغبار في الجو.

لقد انصب اهتمام الناس بالتطور الصناعي والاقتصادي بدون النظر إلى أبعاده البيئية؛ وقد سبب هذا التطور على حساب البيئة العديد من الكوارث البيئية التي ظهرت فيما بعد، والتي أودت بحياة الكثير من الناس. ففي العام **١٩٥٢** أدى تفاعل التلوث الهوائي المفرط مع الضباب في مدينة لندن إلى ظهور ما يسمى الدخان المضبب (الضبخنة)، والذي استمر لأيام وربما لأسابيع، مما أدى إلى وفاة عدد كبير من الناس، وشهدت مدينة دونورا بولاية بنسلفانيا وضعًا مشابهًا عام **١٩٤٨**. وكان لمثل هذه الأحداث أن دفعت الناس إلى إعادة التفكير بجدية بموضوع التلوث الهوائي وكيفية التخلص والوقاية منه.

في أواخر عام ١٩٤٠ بدأت أول جهود رسمية وحكومية لمكافحة التلوث الهوائي وتحسين جودة الهواء، وفي العام ١٩٦٣ كان هناك أول تشريع خاص بجودة الهواء في أمريكا، والذي كان له الأثر الإيجابي في تخفيف حدة التلوث وتحسين نوعية وجودة الهواء.

مصادر التلوث الهوائي:

قبل الخوض في موضوع تلوث الهواء يجدر أن نلقي نظرة سريعة على الغلاف الجوي، أو ما يسمى بالهواء، والذي يمتد إلى عدة مئات من الكيلومترات فوق سطح الأرض. ويتكون الغلاف الجوي من ثلاث طبقات:

١. التربوسفير Troposphere: وهي الطبقة التي تحدث فيها معظم التغيرات الجوية، وهي التي فوق سطح الأرض، وتتركز أنشطة الإنسان أو الحياة فيها.

٢. الاستراتوسفير Stratosphere: وهي الطبقة التي تقع فوق التربوسفير، وتمتد من ارتفاع ٢٠ إلى ٨٠ كم. لا توجد تقلبات جوية في هذه الطبقة، وبها تقع طبقة الأوزون التي تحمي سطح الأرض من مخاطر الأشعة فوق البنفسجية.

٣. الأيونوسفير Ionosphere: وهي الطبقة التي تقع فوق الاستراتوسفير، وتمتد من ارتفاع ٨٠ إلى ٣٦٠ كم، وتتميز هذه الطبقة بخفة غازاتها ويتركز فيها الهيدروجين والهليوم.

مصادر تلوث الهواء:

تنقسم مصادر التلوث الهوائي إلى مصادر طبيعية ومصادر غير طبيعية (صناعية). تسمى الملوثات التي تنبعث مباشرة من المصدر إلى الجو بالملوثات الأولية، وتتعرض هذه الملوثات أحيانًا لبعض التغييرات في الصفات والخواص الكيميائية؛ نتيجة مرورها ببعض العمليات الكيميائية الطبيعية في الجو، لتتحول إلى ملوثات ثانوية. فعلى سبيل المثال يعتبر غاز أول أكسيد الكربون (الذي ينتج عن عملية الاحتراق غير الكامل) من الملوثات الأولية وهو غاز ضار وسام، ويبقى على حالته هذه في الجو لفترة زمنية محددة قبل أن يتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكربون (ملوث ثانوي) الأقل ضررًا. وفي بعض الأحيان يكون الملوث الثانوي أكثر ضررًا من الأولي، مثلًا الأمطار الحمضية –وهي تعتبر ملوثات ثانوية– يكون لها ضررًا أكبر على البيئة من الملوثات الأولية كثاني أكسيد الكبريت، وكذلك فإن تفاعل بعض الملوثات الأولية مثل أكاسيد النيتروجين والهايدروكربون مع أشعة الشمس وبوجود بخار الماء، ينتج عنة ملوثات ثانوية أكثر سلبية على البيئة مثل غاز الأوزون.

المصادر الطبيعية:

وهي المصادر التي لا دخل للإنسان بها، أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها، وهي تلك الغازات المتصاعدة من التربة والبراكين وحرائق الغابات، وكذلك الغبار الناتج من العواصف والرياح. وهذه المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة، وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى.

ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية:

١. غازات ثاني أكسيد الكبريت، فلوريد الأيدروجين، وكلوريد الهيدروجين المتصاعدة من البراكين المضطربة.

٢. أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.

٣. كبريتيد الهيدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض والمناجم أو بسبب البراكين، ومن تحلل المواد العضوية المحتوية على الكبريت.

٤. غاز الأوزون المتخلق ضوئيًا في الهواء الجوي، أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

٥. تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

٦. الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف، وتلك التي تحملها المخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية.

٧. حبيبات لقاح النباتات.

٨. الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء، سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية.

٩. المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في التربة وبعض صخور القشرة الأرضية، وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

المصادر غير الطبيعية:

وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان، وهي أخطر من السابقة، وتثير القلق والاهتمام حيث إن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة، وأحدثت خللًا في تركيبة الهواء الطبيعي، وكذلك في التوازن البيئي. وأهم تلك المصادر:

١. استخدام الوقود لإنتاج الطاقة.

٢. وسائل النقل البري والبحري والجوي.

٣. النشاط الإشعاعي.

٤. النشاط السكاني ويتعلق بمخلفات المنازل من المواد الصلبة والسائلة، وكذلك بسبب كثرة استخدام المبيدات الحشرية والمذيبات الصناعية.

٥. النشاط الزراعي وكثرة استخدام المواد الكيماوية المختلفة في أغراض التسميد والزراعة.

ما هي القضايا الناجمة عن التلوث الهوائي؟

تختلف تلوث الهواء من مكان لآخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية، فمثلًا الضبخنة (دخان وضباب)، وذرات السناج (التي قد يصل قطرها إلى أقل من ٠.١ مايكرومتر) تعمل على حجب الرؤية وتسبب متاعب صحية، وبخاصة لكبار السن أو الذين يعانون من مشاكل تنفسية. إن هذا النوع من الملوثات هو في العادة محلي (من مصادر محلية)، ولكنه قد ينتقل بفعل الرياح إلى مناطق بعيدة.

ومن أنواع التلوث الأخرى هي تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت، وخاصة من محطات الطاقة التي تعتمد على الفحم، وهناك أيضًا أكاسيد النيتروجين الناتجة من عوادم السيارات، تعمل هذه الملوثات على رفع درجة حموضة مياه الأمطار؛ نتيجة امتصاصها لغاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين من الجو أثناء رحلة سقوطها إلى الأرض، وهو ما يعرف بالمطر الحمضي. إن هذا الارتفاع في درجة الحموضة يؤثر سلبًا على

التركيب الكيميائي للتربة وعلى المياه العذبة في البحيرات. فيما يلي عرض لبعض الملوثات الرئيسية في الهواء وأثرها على الصحة العامة:

غاز أول أكسيد الكربون:

غاز سام عديم اللون والرائحة، ينتج عن عمليات الاحتراق غير الكامل للوقود والمواد العضوية، ويمثل أكبر نسبه من ملوثات الهواء. يختلف تركيز أول أكسيد الكربون في المناطق العمرانية باختلاف الظروف السائدة في كل من هذه المناطق، وتعتمد أساسًا على مدى كثافة حركة المرور، ومن ثم فهي أكثر تركيزًا في النهار عنها في الليل. ويؤثر أول أكسيد الكربون على الصحة العامة خاصة على هيموجلوبين الدم، حيث إن له قابلية شديدة للاتحاد معه، ومن ثَم فإنه يؤثر تأثيرًا خطيرًا على عمليات التنفس في الكائنات الحية بما فيها الإنسان، ويتسبب في كثير من حالات التسمم، ويمكن الحد من تأثير أول أكسيد الكربون بتزويد البيئة المحيطة بالأكسجين الكافي لإتمام عملية التأكسد وتكوين ثاني أكسيد الكربون، ويلزم ذلك لمواجهة حالات التسمم بالغاز.

يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكونًا كربوكسي هيموجلوبين، وبذلك يمنع الأكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين، وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. وتعتمد سمية أول أكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق، فتركيز ٠,٠١٪ من أول أكسيد الكربون يعادل ٢٠٪ من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى:

١. شعور بالتعب.

٢. صعوبة التنفس.

٣. طنين في الأذن.

في حين تركيز ٠.١٪ من أول أكسيد الكربون يعادل ٥٠٪ من كربوكسي هيموجلوبين، ويؤدي إلى:

١. ضعف في القوة، ارتخاء في عضلات الجسم، وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان.

٢. ضعف في السمع.

٣. نقص في الروية.

٤. غثيان وقيء.

٥. انخفاض ضغط الدم.

٦. انخفاض في الحرارة.

٧. ازدياد النبض مع ضعف في إحساسه.

٨. أخيرًا الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

غاز ثاني أكسيد الكربون:

يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم وزيت البترول. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء. إن عملية الاتزان البيئي التي تذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكونًا حمضًا ضعيفًا يعرف باسم حمض الكربونيك، ويتفاعل مع بعض الرواسب مكونًا بيكربونات وكربونات الكالسيوم، وتسهم النباتات أيضًا في استخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي.

وتجدر الإشارة من جديد إلى أن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من المساحات الخضراء أسهم في ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، والذي قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري.

إن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء تؤدي إلى صعوبة في التنفس والشعور بالاحتقان، مع تهيج للأغشية المخاطية والتهاب القصبات الهوائية وتهيج الحلق.

غاز كبريتيد الهيدروجين:

هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد، ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي، وهو غاز سام وقاتل، ولا يختلف عن

أول أكسيد الكربون، حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثًا نقصًا في الأكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم.

وله التأثيرات التالية:

١ . يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي.

٢ . يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس.

٣. يسبب خمول في القدرة على التفكير.

٤ . يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

غاز ثاني أكسيد الكبريت:

يحتوي الوقود الأحفوري (الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي) على كميات متفاوتة من الكبريت، وأثناء عملية احتراق هذا الوقود، يتصاعد الكبريت مع الدخان على شكل ثاني أكسيد الكبريت. إن غاز ثاني أكسيد الكبريت عديم اللون نفاذ وكريه الرائحة، له آثار ضارة إذا ما تواجد بمعدلات تزيد على ٣ أجزاء في المليون في الهواء، ويتحول ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى حمض الكبريتيك؛ نتيجة لتأكسده إلى ثالث أكسيد الكبريت وتفاعله مع بخار الماء. ولكل من ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك تأثيرًا ضارًا بالجهاز التنفسي للإنسان والحيوان، كما يشارك ثاني أكسيد الكبريت مع ملوثات أخرى في إحداث مشاكل بيئية

منها الأمطار الحمضية. وفي الآونة الأخيرة تم اتخاذ بعض الإجراءات، والتي من شأنها التقليل من استخدام مصادر الطاقة المحتوية على الكبريت.

أضرار غاز ثاني أكسيد الكبريت:

١. يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثًا آلامًا في الصدر.

٢. التهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس.

٣. التركيزات العالية تسبب تشنج الحبال الصوتية، وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق.

٤. التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي.

٥. يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد.

٦. يسبب الأمطار الحمضية.

أكاسيد النيتروجين:

يعتبر غاز ثاني أكسيد النيتروجين من أكثر أكاسيد النيتروجين شيوعًا وانتشارا. ينتج هذا الغاز عن عمليات احتراق الوقود في الهواء عند درجات حرارة مرتفعة، كذلك تنتج من احتراق المواد العضوية، وأيضًا من عوادم السيارات والشاحنات وبعض المنشآت الصناعية، ومحطات توليد

الطاقة التي تعمل على درجات حرارة مرتفعة. ويكون مع بخار الماء في الجو حمضًا قويًا هو حمض النتريك، الذي يسهم أيضًا في حدوث الأمطار الحمضية، كما يؤثر سلبًا عند وصوله طبقات الجو العليا على طبقة الأوزون.

أضرار غاز ثاني أكسيد النيتروجين:

١. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية ويسبب أضرارًا في الرئة.

٢. يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.

٣. يحدث ضررًا في طبقة الأوزون.

٤. يكون الأمطار الحمضية.

الرصاص:

يضاف الرصاص للبنزين وقود السيارات لزيادة معدل الأوكتان، ويتم ذلك بإضافة tetra-ethyl lead، وهذا هو البنزين المحتوي على الرصاص. يخرج الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثًا تلوثًا به، وخاصة في المدن المزدحمة والتي تستخدم وقود أو البنزين المحتوي على الرصاص.

أضرار الرصاص:

١. يسبب الصداع والضعف العام، وقد يؤدي للغيبوبة وإلى حدوث تشنجات قد تؤدي للوفاة.

٢. يؤدي إلى إفراز حمض البوليك وتراكمه في المفاصل والكلى.

٣. يقلل من تكوين الهيموجلوبين في الجسم.

٤. يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام.

٥. يؤدي إلى القلق النفسي والليلي.

٦. يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال.

٧. تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل.

لكن كثيرًا من الدول تنبهت لذلك، وبدأت تستخدم بنزينًا خاليًا من الرصاص؛ للتقليل من مخاطر تلوث الهواء بالرصاص.

مركبات الكلوروفلوروكربون:

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول، الذي تحمله المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق، وكذلك تستخدم مركبات الكلورفلوروكربون على هيئة سائل في أجهزة

التكيف والتبريد ثلاجات المنازل، كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراقًا غير كامل يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الجو.

يلاحظ تركز هذه المركبات في طبقات الجو على بعد ١٨كم فوق المناطق القطبية، وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنويًا، وعند وصولها لطبقة الاستراتوسفير التي تقع بها طبق الأوزون، فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور، التي تقوم بدورها بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين، وبذلك تسهم في تحطيم طبقة الأوزون. ولقد تنبهت العديد من الدول لخطورة هذه المركبات وبدأت بعضها في حظر إنتاجها مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها وذلك منذ عام ١٩٨٢. وهناك محاولات أيضًا لاستبدالها بمواد نافعة أخرى، من بينها استعمال خليط من غاز البيوتان والماء، ويطلق عليه اسم أكواصول aquasol ولا يحتوي على الكلور والفلور.

الغبار والمواد العالقة:

كثير من المصانع تطلق أبخرة في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية، مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينوم. كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها، وتبقى هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف،

ويكون هذا التلوث واضحًا حول المصانع، ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى.

عندما تهب رياح قوية على البحار والمحيطات، فإنها تحمل بعض الأملاح الذائبة على هيئة رذاذ أو بخار دقيق من الماء إلى مسافات طويلة داخل الشواطئ، وتحمل هذه الشوائب في طبقة التربوسفير، ثم تعود وتسقط على الأرض مع الأمطار أو الجليد. من خلال تحليل الجليد القطبي تبين أنه يحتوي على أملاح الكلوريدات والنترات والكبريتات للعديد من المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، وهذه الأملاح لا تتوفر إلا في البحار. وأيضًا وجد في الجليد شوائب مثل النحاس والحديد والزنك والكوبالت والرصاص، ولا بد أنها ناتجة من النشاط الصناعي. وعلى اليابسة، تعمل الرياح على حمل ونقل ذرات الغبار والرمل، والتي قد تنتقل إلى مئات الكيلومترات، وتعتبر مصانع الإسمنت والمحاجر والكسارات مثل أهم مصادر الغبار في الهواء.

الكائنات الدقيقة أو الميكروبات:

تنتشر في الهواء أنوع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة، وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة. ومن أجناس البكتريا: Yersina، Mycobacterium Streptococcus، Corynebactrium، أما الفطريات Pentium،Candida، Aspergillus، ويعتبر فيروس الأنفلونزا أكثر الفيروسات انتشارا في الهواء. تستخدم الميكروبات في

الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء، وتسبب أمراضًا فتاكة بالإنسان، ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر الجمرة الخبيثة التي تسببها Bacillus anthrax، ويعتبر الهواء موصل جيد للعدوى مثل الطاعون Pasture plague Upsets، والجدري الذي يسببه فيروس Small pox.

أضرار تلوث الهواء على طبقة الأوزون:

الأوزون Ozone غاز سام وشفاف يمل إلى الزرقة، ويتكون الجزيء منه من ثلاث ذرات أوكسجين (O3). ويتواجد الأوزون في طبقتي الجو السفلي التربوسفير Troposphere وطبقة الجو العليا الاستراتوسفير. تعمل طبقة الأوزون على حماية الأرض من إشعاعات الشمس الضارة مثل الأشعة الفوق بنفسجية، وعندما يقل تركيز غاز الأوزون في هذه الطبقة فإن قدرته على امتصاص هذه الأشعة تقل، مما يسمح بمرورها إلى الأرض، وهو ما يعرف بثقوب الأوزون.

يتشكل الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل، أو بعض المركبات التي تحوي الهيدروكربونات والفريون الذي يدخل في صناعة الثلاجات وأجهزة التكييف، وكثير من الصناعات الأخرى مثل البخاخات المعطرة والمزيلة لرائحة العرق، والتي تسمي أيروسول، وفي الصناعات الإلكترونية من حاسبات وتلفزيونات وأجهزة استقبال وإرسال. وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من الملوثات الخطيرة على

صحة الإنسان؛ لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يحدث الوفاة. أما الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين O_2 مع الأكسجين الحر، الذي ينتج من هذه انشطار هذه الجزيئات بفعل الأشعة فوق البنفسجية.

مع بداية السبعينيات بدأ الاهتمام بالملوثات الصادرة من نشاط الإنسان على طبقة الأوزون، فقد وجد أن أكاسيد النيتروجين تعمل على تفكيك جزيئات الأوزون، وكذلك وجد أن مركبات الكلوروفلوروكربون (بعضها معروف صناعيًا بالفريون) تقوم بتفتيت جزيء الأوزون. يتمثل خطر هذه المادة في انبعاثها في الهواء وصعودها لطبقات الجو العليا، وتحرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية من مركبات الكلوروفلوروكربون، وهذا الكلور هو الذي يعمل على تدمير الأوزون، وهو أحد أسباب ثقوب الأوزون وتقليل نسبة في الغلاف الجوي. وتجدر الإشارة إلى أن غاز الكلوروفلوروكربون له عمر طويل، قد يمتد قرنًا أو يزيد. كما أن هناك غازات أخرى غير الكلور لها تأثير مدمر على الأوزون مثل الهيدروجين والنيتروجين.

هناك أيضًا عوادم الطائرات النفاثة والطائرات الأسرع من الصوت، بما تلفظه من نيتروجين من العادم الذي يدفعها للأمام، ويؤدي إلى التلوث من جهة أخرى. إطلاق الصواريخ للفضاء تحرق كمية كبيرة من الوقود السائل أو الصلب، وبذلك تخلف أطنانًا من الغازات الضارة بطبقة الأوزون، فقد ورد في إحصائية روسية أن كل عملية إطلاق صاروخ (مكوك

فضائي) تدمر مليون طن من غاز الأوزون، كما ثبت أن الدقيقتين الأوليين من إطلاق المكوك، والتي تمثل المرحلة الأولى في الصواريخ الحاملة للمكوك، ينتج عنها ١٨٧ طنًا من غاز الكلور ومركباته و١٧ طنًا من أكسيد الألمنيوم.

الرادون:

الرادون هو مادة تنتج عن التحلل الطبيعي للمواد المشعة، مثل اليورانيوم والراديوم الموجودة في التربة، تختلف كمية الرادون في التربة حسب التركيب الكيميائي للتربة، وينتقل من التربة إلى الهواء مع ذرات الغبار. تعتمد كميته وسرعة دخوله إلى الهواء على حالة الطقس ونفاذية التربة وعلى درجة رطوبة التربة، ويصعب تمييز وجوده في الهواء؛ لأنه لا يرى وليس له رائحة أو طعم. ويعتبر الرادون الموجود في الهواء سبب رئيسي لسرطان الرئة ويتسبب سنويًا بموت آلاف الأشخاص. يتواجد الرادون في كل مكان تقريبًا، في الهواء الخارجي والمنزلي ويشتد تركيزه كلما اقتربنا من سطح الأرض، فمثلًا يكون تركيزه في الطبقات السفلى من البناية أكبر منه في الطبقات العليا، ويمكن التخفيف من تركيزه داخل المنزل عن طريق التهوية الجيدة.

الاسبستوس:

الاسبستوس هو مجموعة من المعادن الطبيعية لها القدرة على مقاومة الحرارة والتحلل الكيميائي، وتختلف عن باقي المعادن من خلال تركيبها

البلوري، الذي يكون على شكل ألياف رفيعة وطويلة. وبسبب مقدرته على تحمل الحرارة الشديدة؛ فإنه يستخدم بكثرة في أعمال البناء كعازل ضد الحرارة. لقد أظهرت الأبحاث العلمية والطبية التي أجريت على العمال أن الكثير من حالات السرطان والمشاكل التنفسية الأخرى مرتبطة بشكل كبير باستنشاق ألياف الاسبستوس أثناء العمل. وبسبب المخاوف من أي تأثير محتمل قد ينتج عن الاسبستوس المستخدم كعازل في بناء المدارس والجامعات، باشرت العديد من الدول عملية إزالته من أبنيتها الرسمية، لكن عملية إزالته مكلفة جدًا، كما أن مثل هذه العملية قد تزيد من احتمال تعرض الناس له.

ما هو المجهول؟

في العام ١٩٩٠ تم إجراء بعض التعديلات لقانون الهواء، وقد شمل هذه التعديل البنود المتعلقة بحد العتبة حيث نص على تخفيض الحد الأعلى لوجود بعض الملوثات في الجو مثل الأوزون وذرات الغبار، ولكن السؤال المطروح هو ما هي المكاسب الصحية من جراء هذا التعديل، ليس هناك أدنى شك أن الأوزون وذرات الغبار يسبب متاعب تنفسية عند أغلب الناس، ويلعب حجم الذرة وتفاعلها الكيميائي مع غازات التلوث في درجة تأثيرها على الصحة.

المخاطر والمعوقات:

إن عملية تخفيض كمية الغازات المنبعثة إلى الجو هي عملية مكلفة وصعبة التطبيق، وحتى الآن فإن معظم الإجراءات التي تم اتخاذها للحد من هذه الغازات هي الإجراءات سهلة التطبيق، والمجدية اقتصاديًا في كثير من المناطق. إن اتخاذ إجراءات أكثر صرامة يتطلب تغيير سلوك وتوجه الناس نحو البيئة، مثل وضع قيود على استخدام السيارات؛ حتى نضمن الالتزام بالمواصفات المعدلة لجودة الهواء. إن تطبيق إجراءات صارمة ووضع قيود على الشركات المصنعة للسيارات من أجل تخفيض كمية ونوعية الغازات المنبعثة من عوادم السيارات يؤدي إلى ارتفاع في أسعارها، وهو ما يجبر الكثير من الناس على الاحتفاظ بسياراتهم القديمة، والتي تكون غالبا غير مناسبة بيئيًا.

لسوء الحظ، فإن عدد من الإجراءات التي اتخذت لتخفيض نسبة انبعاث الملوثات إلى الجو أسهمت في حدوث مشاكل بيئية أخرى. فعلى سبيل المثال تم بناء المداخن المرتفعة لخفيف حدة الدخان والسناج في طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض، نعم نجحت هذه الطريقة في تخفيف التلوث الهوائي على المستوى المحلي، ولكن –وفي نفس الوقت– إطلاق هذه الغازات على ارتفاعات كبيرة أدى إلى تسهيل عملية اختلاطها مع بخار الماء في الجو، لتكون النتيجة تشكل الأمطار الحمضية، والتي قد تؤثر سلبًا على جودة المياه في مناطق بعيدة، أي أنه تم استبدال التأثير السلبي المحلي للدخان والسناج بالتأثير السلبي الإقليمي للأمطار الحمضية.

أحد المشاكل البيئية التي ظهرت أيضًا كانت جراء إضافة مادة (Methyl Tertiary-butyl ether MTEP) إلى البترول، وهي مادة ممزوجة بالأكسجين تعمل على التخفيف من كمية الدخان المنبعث من المحركات وخاصة أول أكسيد الكربون، وذلك عن طريق تسريع وتسهيل عملية الاحتراق، لكن تبين أن هذه المادة تسببت في تلويث المياه الجوفية، مما استدعى التوقف عن استخدامها. إن العديد من الإجراءات البيئية التي اتخذت للحد من مشكلة تلوث معين أدت في النهاية إلى ظهور تلوث من نوع آخر وربما يكون أكثر خطرًا من الأول.

تلوث الهواء في المناطق الحضرية:

تعتبر المناطق الحضرية الأكثر عرضة للتلوث الهوائي، وخاصة من المصادر الصناعية مثل النقل والتصنيع ومحطات توليد الطاقة. وأحد أكثر مشاكل التلوث شيوعًا في المناطق الحضرية هي ظاهرة الضبخنة أو الدخان المضبب (smog = smoke +fog)، والذي يتشكل عند تفاعل الدخان المنبعث من السيارات ومحطات الطاقة مع أشعة الشمس، ومكونات الهواء الأخرى مثل بخار الماء. وهناك أيضًا الضبخنة الكيموضوئية أو الضبخنة البنية (photochemical smog or brown smog)، والتي ينتج عنها غاز الأوزون. تتشكل هذه الظاهرة نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية المعقدة، والتي يدخل فيها أكاسيد النيتروجين والهايدروكربون مع وجود أشعة الشمس وبخار الماء وغياب الرياح، لكن ظاهرة تشكل غاز الأوزون مؤقتة، وتحدث فقط في الصيف وخلال ساعات النهار.

الضبخنة الصناعية أو الرمادية (Industrial or gray smog)، هي ظاهرة تحدث في الشتاء عند تفاعل ثاني أكسيد الكبريت وبخار الماء، وينتج عن هذه الظاهرة حامض الكبريت المحمول في الهواء. تعتبر الضبخنة الصناعية أكثر تأثيرًا على الصحة من الضبخنة الكيموضوئية، لقد أدت هذه الظاهرة إلى هلاك عدد من الناس عام ١٩٥٢في لندن وفي بنسلفانيا عام ١٩٤٨.

تعتمد درجة التلوث الهوائي في المناطق الحضرية على الأحوال الجوية، إن سرعة الرياح واتجاهها والعوامل الجغرافية الأخرى تساعد على التخفيف من حدة التلوث الهوائي عن طريق تشتيته والتخفيف من تركيزه. وأحيانًا تكون الأحوال الجوية سبب في تفاقم مشكلة التلوث، وتعرف هذه الأحوال الجوية بالانعكاس الهوائي. يحدث الانعكاس الهوائي عندما تقوم طبقة الهواء البارد العليا بعرقلة الصعود الطبيعي لطبقة الهواء الدافئة السفلى؛ مما يتسبب في التقليل من قدرة الهواء على التحرك وتشتيت الملوثات. وكثيرًا ما تحدث هذه الظاهرة في المناطق الحضرية المحاطة بالجبال، حيث تشكل الجبال حاجزًا طبيعيًا يمنع تحرك الهواء، كما الحال في مدينة لوس أنجلوس، التي تعتبر ملائمة جدًا لظاهرة الضبخنة بسبب موقعها الجغرافي؛ إذ يحيطها من الشرق سلسلة جبال تعمل على حجز الهواء القادم من المحيط، هذا بالإضافة إلى جوها المشمس وكذلك تنشط فيها حركة سير كثيفة ومصانع عديدة.

المطر الحمضي:

المطر هو بطبيعته حامضي، نتيجة تفاعل بخار الماء مع مكونات الهواء الطبيعية مثل النيتروجين وثاني أكسيد الكربون. يعمل وجود ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الجو على رفع درجة حموضة مياه الأمطار، والثلوج والبرد، أو الضباب. تأتي هذه الغازات إلى الجو إما من مصادر طبيعية مثل البراكين أو رذاذ البحار، أو من مصادر اصطناعية، وخاصة نتيجة استخدام الفحم والوقود الأحفوري (البترول). إن الارتفاع في درجة حموضة مياه الأمطار يؤدي إلى تغيير في التركيب الكيميائي للتربة والبحيرات العذبة، مما يلحق الضرر في النباتات والحياة البحرية، مع أن هذا التغيير يتفاوت حسب نوعية التربة والنباتات، وأيضًا قدرة استيعاب المياه العذبة لهذا الارتفاع في الحموضة. ويمكن تلخيص أثر الأمطار الحمضية في النقاط التالية:

١. تؤدي إلى تفتيت الصخور وخاصة في التربة الجرانيتية، كذلك تؤدي الأمطار الحمضية إلى زيادة الحموضة في مياه البحيرات، وبالتالي قد تسبب في عدم صلاحيتها للأسماك والكائنات الدقيقة.

٢. تعمل على إذابة بعض المعادن أو الفلزات الهامة للنبات وتبعدها عن جذور النبات، ومن أمثلة ذلك الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم، التي تحملها مياه الأمطار الحمضية بعيدًا عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية، وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية؛ لذلك فإن الكثير من

النباتات لم تستطع العيش مع الأمطار الحمضية فذبلت وماتت، وهو بالتالي يؤدي إلى فقدان المحاصيل الزراعية والأخشاب من الغابات.

٣. تآكل الأحجار الجيرية، فقد لوحظ مثلًا تآكل أو تفتت بعض أحجار برج لندن وكنيسة لودستمتستر، فقد بلغ عمق التآكل بضع سنتميترات نتيجة التفاعل بين غاز ثاني أكسيد الكبريت والأمطار التي تسقط على المدن من حين لآخر، كذلك شوهد أثر الأمطار الحمضية أو الترسيب الحمضي على الأكروديوليس في اليونان والكلولوسيم في إيطاليا، وتاج محل في الهند وأبو الهول في مصر.

جودة الهواء في الدول النامية:

إن إدخال أنظمة وقوانين للتحكم بالملوثات الهوائية وضبطها، واستحداث تقنيات لتوفير الطاقة أسهم بشكل كبير تحسين جودة ونوعية الهواء في الولايات المتحدة في العقدان الماضيان. بينما تشهد الدول النامية التي تتوجه بشكل سريع نحو التمدن وتشجيع التصنيع هبوط خطير في مستوى جودة الهواء. ففي مدن مثل المكسيك وبانكوك والتي تعاني من النمو السكاني المتسارع وما ينتج عنه في ازدياد عدد السيارات والمنشآت الصناعية أصبحت تعاني أيضًا من ارتفاع في نسبة الملوثات الهوائية وخاصة الرصاص الناتج عن استهلاك الوقود المحتوي على مادة الرصاص. تلوث الهواء المنزلي هو أيضًا أحد المشاكل الصحية التي تعاني منها العديد من الدول النامية، ويأتي هذا التلوث من استخدام النار داخل المنزل للطهي

أو للتدفئة، والتي تسبب مشاكل تنفسية، وخاصة بين الأطفال والنساء الذين يقضون معظم ساعات اليوم في المنزل.

جودة الهواء المنزلي:

بعد الثورة الصناعية ونتيجة للتطور المستمر، تغير نظام حياة الناس، فأصبحت معظم أعمالهم تتم في مكاتب داخل مباني مغلقة ٨٠-٩٠٪ من وقتهم، والكثير يعملون ويأكلون وينامون ويشربون داخل هذه المباني التي تكون دورة هوائها مغلقة، وهذا ما جعل من قضية تلوث الهواء الداخلي أخطر من التلوث الخارجي. ومنذ السبعينات بدأ الضوء يتسلط على تلوث الهواء الداخلي، ومن أهم مصادر تلوث الهواء الداخلي تدخين السجائر والأبخرة الناتجة من المفروشات أو مواد الدهانات، وفي مجتمعنا البخور الذي يستخدم بكثرة داخل المباني، بالإضافة إلى الفريون الناتج من أجهزة التكييف.

لقد أدى التطور في إنشاء المنازل والبنايات وتحسين وسائل عزلها عن الهواء الخارجي -بهدف توفير الطاقة- إلى إفساد جودة ونوعية الهواء الداخلي، وخاصة في الأماكن قليلة التهوية، كما أن طبيعية الحياة العصرية تتطلب البقاء داخل الأماكن المغلقة أكثر من السابق، فكان لاستخدام النوافذ والأبواب العازلة والمحكمة الإغلاق الأثر الأكبر في منع عملية تجدد الهواء أو التقليل منها، مما يعني انحسار الملوثات داخل المنزل. في الدول المتطورة، يسود الاعتقاد بأن الازدياد في نسبة الأطفال الذين يعانون من

مشاكل وأزمات تنفسية هو في الواقع نتيجة تعرضهم لتلوث الهواء المنزلي لفترات طويلة.

تلوث الهواء داخل المنزل والصحة:

حقائق رئيسية:

هناك نحو ثلاثة مليارات نسمة ممن يحرقون الكتلة البيولوجية (الحطب والروث والمخلفات الزراعية) والفحم على نيران مكشوفة، أو مواقد مسربة للدخان لأغراض الطهي وتدفئة منازلهم.

يزيد على ٤ ملايين نسمة عدد من يقضون في مراحل مبكرة، من جراء الإصابة بأمراض يمكن ردها إلى تلوث الهواء داخل المنزل نتيجة حرق الوقود الصلب داخله.

ينجم عن التعرض للهواء الملوث داخل المنزل ٣.٨ مليون حالة وفاة مبكرة سنويًا من جراء الإصابة بأمراض غير سارية، ومنها السكتة الدماغية ومرض القلب الإقفاري، والانسداد الرئوي المزمن وسرطان الرئة.

تتسبب الجسيمات التي تستنشق من الهواء الملوث داخل المنزل في نسبة تزيد على ٥٠٪ من وفيات الأطفال دون سن الخامسة بسبب الالتهاب الرئوي.

تلوث الهواء الداخلي والطاقة المستخدمة في المنازل: ثلاثة مليارات نسمة من المنسيين.

لا يزال هناك ٣ مليارات نسمة تقريبًا يحرقون الوقود الصلب على نيران مكشوفة ومواقد مسربة للدخان لأغراض الطهي والتدفئة، (من قبيل الحطب والمخلفات الزراعية والفحم العضوي والفحم العادي والروث)، ومعظم أولئك الأشخاص فقراء ممن يعيشون في بلدان منخفضة الدخل وأخرى متوسطة الدخل.

وتتسبب هذه الأنواع من الوقود والتكنولوجيات المستخدمة لأغراض الطهي في ارتفاع مستويات تلوث الهواء داخل المنزل، بالاقتران مع ظهور طائفة من الملوثات المضرة بالصحة، بما فيها جسيمات صغيرة من السخام يمكنها التوغل عميقًا في الرئتين. ويمكن في المساكن التي لا تهوى بالقدر الكافي أن تتجاوز مستويات الجسيمات الصغيرة الكامنة في الدخان المنبعث بالأماكن المغلقة بمئة مرة المستويات المقبولة. ويرتفع تحديدًا معدل التعرض لتلك الجسيمات فيما بين النساء والأطفال الذين يقضون معظم وقتهم قرب المواقد المنزلية.

الآثار الصحية:

يلاقي سنويًا ٤.٣ مليون نسمة حتفهم في وقت مبكر، من جراء الإصابة بأمراض يمكن عزوها إلى تلوث الهواء داخل المنزل بسبب حرق

أنواع الوقود الصلب فيه على نحو غير كفء (بيانات عام ٢٠١٢). ومن بين تلك الوفيات النسب التالية:

نسبة ١٣٪ بسبب الالتهاب الرئوي.

نسبة ٣٤٪ بسبب السكتة الدماغية.

نسبة ٢٥٪ بسبب مرض القلب الإقفاري.

نسبة ٢٢٪ بسبب مرض الانسداد الرئوي المزمن.

نسبة ٦٪ بسبب سرطان الرئة.

الالتهاب الرئوي:

يؤدي التعرض لتلوث الهواء داخل المنزل إلى ارتفاع خطورة الإصابة بالالتهاب الرئوي في مرحلة الطفولة إلى الضعف تقريبًا. وتعزى أكثر من نصف الوفيات الواقعة بين صفوف الأطفال دون سن الخامسة، من جراء الإصابة بالالتهابات الحادة في السبيل التنفسي السفلي إلى استنشاق الجسيمات الموجودة في الهواء الداخلي الملوث، بسبب حرق أنواع الوقود الصلب داخل المنزل (منظمة الصحة العالمية، ٢٠١٤).

السكتة الدماغية:

يمكن أن ترد تقريبًا ربع الوفيات المبكرة الناجمة عن السكتة الدماغية (أي نحو ١.٤ مليون وفاة، نصفها بين النساء) إلى التعرض المزمن للهواء الملوث داخل المنزل؛ بسبب الطهي باستخدام أنواع الوقود الصلب.

مرض القلب الإقفاري:

يمكن أن ينجم عن التعرض للهواء الملوث نسبة ١٥٪ تقريبًا من الوفيات التي يسببها مرض القلب الإقفاري، الذي يحصد أرواح ما يزيد على مليون نسمة سنويًا في مرحلة مبكرة.

مرض الانسداد الرئوي المزمن:

يتسبب التعرض للهواء الملوث داخل المنزل في أكثر من ثلث الوفيات المبكرة الناجمة عن الإصابة بمرض الانسداد الرئوي المزمن بين البالغين، في البلدان المنخفضة الدخل وتلك المتوسطة الدخل. واحتمال إصابة النساء اللائي يتعرضن بمستويات عالية للدخان المنبعث في الأماكن المغلقة بمرض الانسداد الرئوي المزمن هو أعلى بمقدار ٢.٣ مرة من احتمال إصابة سواهن، اللائي يستخدمن أنواعًا أخرى أنظف من الوقود. أما في صفوف الرجال (الذين ترتفع لديهم فعلًا مخاطر الإصابة بأمراض تنفسية مزمنة بسبب ارتفاع معدلات التدخين بينهم)، فإن التعرض للدخان

المنبعث في الأماكن المغلقة يضاعف تلك المخاطر تقريبًا (أي بمقدار ١.٩ مرة).

سرطان الرئة:

تعزى نسبة ١٧٪ تقريبًا من الوفيات الناجمة سنويًا عن سرطان الرئة بين صفوف البالغين في مرحلة مبكرة إلى التعرض لمواد مسرطنة موجودة في الهواء الملوث داخل المنزل، من جراء الطهي فيه باستخدام أنواع الوقود الصلب، مثل الحطب أو الفحم العضوي أو الفحم العادي، ويرتفع معدل تعرض النساء لهذا الخطر بسبب دورهن في إعداد الطعام.

الآثار الصحية الأخرى:

تتسبب عمومًا الجسيمات الصغيرة والملوثات الأخرى الموجودة في الدخان المنبعث بالأماكن المغلقة في التهاب المسالك الهوائية والرئتين، وإضعاف الاستجابة المناعية والتقليل من قدرة الدم على حمل الأوكسجين.

يوجد أيضًا بينات تثبت وجود صلات بين تلوث الهواء داخل المنزل وانخفاض الوزن عند الولادة، والإصابة بالسل والساد (الكاتاراكت) وسرطان الأنف والبلعوم وسرطان الحنجرة.

تتأثر أيضًا معدلات الوفيات الناجمة عن الإصابة بمرض القلب الإقفاري والسكتة الدماغية بعوامل خطر، من قبيل ارتفاع ضغط الدم، والنظام الغذائي غير الصحي، وقلة النشاط البدني، والتدخين. ومن بعض

العوامل الأخرى التي تتسبب في إصابة الأطفال بالالتهاب الرئوي الرضاعة الطبيعية دون المستوى الأمثل، ونقص الوزن، والتعرض لدخان التبغ غير المباشر. أما فيما يتعلق بسرطان الرئة ومرض الانسداد الرئوي المزمن، فإن التدخين المباشر والتعرض لدخان التبغ غير المباشر هما أيضًا من عوامل الخطر الرئيسية التي تسبب الإصابة بالمرضين المذكورين.

الآثار المترتبة على الإنصاف الصحي والتنمية وتغير المناخ:

إن لم تدخل تغييرات كبيرة على السياسة العامة سيظل إجمالي عدد المعتمدين على أنواع الوقود الصلب دون تغيير يذكر بحلول عام ٢٠٣٠ (البنك الدولي ٢٠١٠). ويشكل استخدام أنواع الوقود الملوث عبئًا ثقيلًا على التنمية المستدامة.

تستغرق النساء والأطفال وقتًا طويلًا في جمع الوقود، مما يحد من وقت إضلاع النساء بأنشطة مجدية أخرى (مثل إدرار الدخل)، ويبعد الأطفال عن المدارس. ويواجه النساء والأطفال في البيئات الأقل أمنًا خطر التعرض للإصابات والعنف أثناء عملية جمع الوقود.

الكربون الأسود (الجسيمات السخامية)، والميثان المنبعثان من احتراق الوقود في المواقد على نحو غير كفء هما من الملوثات القوية التي تسهم في تغير المناخ.

يتسبب انعدام سبل حصول ما لا يقل عن ١.٢ مليار نسمة من السكان على الكهرباء (كثيرون منهم يستخدمون مصابيح الكيروسين للإضاءة) في التعرض لمخاطر صحية أخرى، من قبيل الحروق والإصابات، وحالات التسمم الناجمة عن استنشاق دخان الوقود المحروق، ويحد كذلك من الفرص الأخرى للتمتع بالصحة وتحقيق التنمية، مثل الدراسة أو الانخراط في مزاولة حرف وأنشطة تجارية بسيطة تقتضي توفير قدر كافٍ من الإضاءة.

استجابة منظمة الصحة العالمية:

تتولى منظمة الصحة العالمية قيادة الجهود المبذولة بشأن إجراء تقييم؛ لتحديد أي التكنولوجيات وأنواع الوقود الجديدة المستخدمة في الطهي داخل المنزل يصدر أقل نسبة من الانبعاثات، ويمثل بالتالي أنسب وسيلة لصون الصحة. كما تزود المنظمة البلدان بالدعم التقني اللازم لتمكينها من إجراء تقييماتها، وزيادة تكنولوجيات المواقد المعززة للصحة.

فيما يلي أنشطة أخرى تضطلع بها المنظمة:

المبادئ التوجيهية الجديدة بشأن نوعية الهواء الداخلي المترتبة على حرق الوقود داخل المنزل:

سعيًا إلى ضمان استنشاق هواء صحي داخل المنزل وخارجه، فإن المبادئ التوجيهية الجديدة الصادرة عن المنظمة بشأن نوعية الهواء الداخلي

المترتبة على حرق الوقود داخل المنزل، تقدم توصيات صحية عن مستوى الأداء عند حرق الوقود وتشغيل المواقد، وتقدم كذلك استراتيجيات بشأن نشر تكنولوجيات الطاقة هذه بفعالية داخل المنازل حماية للصحة. وتستند المبادئ التوجيهية المذكورة إلى القائم من مبادئ توجيهية صادرة عن المنظمة بشأن نوعية الهواء الداخلي، وإلى المنشور في الآونة الأخيرة من إرشادات صادرة عن المنظمة فيما يخص مستويات بعض ملوثات الهواء الداخلي.

قاعدة البيانات الخاصة بالطاقة المستخدمة في المنازل:

يستعان بقاعدة بيانات المنظمة الخاصة بالطاقة المستخدمة في المنازل؛ لرصد التقدم المحرز على الصعيد العالمي في التحول إلى استخدام أنواع أنظف من الوقود وتحسين المواقد، فضلًا عن الإسهام في عمليات تقييم عبء المرض الناجم عن الطاقة التي تستخدم في المنازل، وحالة إتاحتها في البلدان النامية.

تقييم البحوث والبرامج:

تتعاون المنظمة مع البلدان والباحثين وسائر الشركاء من أجل مواءمة أساليب التقييم في مختلف الأماكن؛ لكي يتسنى تقييم الآثار الصحية بشكل متساوٍ ودقيق، وكذلك إدراج عملية تقييم المنافع الصحية من الزاوية الاقتصادية.

الدور القيادي وأنشطة الدعوة في الأوساط المعنية بشؤون الصحة والطاقة والمناخ:

قطاع الصحة:

تسعى المنظمة إلى إدراج الإرشادات والموارد اللازمة لدعم استخدام الطاقة النظيفة بالمنازل، في المبادرات العالمية الخاصة بصحة الأطفال، وأدوات دعم عملية صنع القرارات، مثل خطة العمل العالمية بشأن مكافحة أمراض الالتهابات الرئوية والإسهال، وكذلك في جوانب أخرى من الإرشادات المتعلقة بالسياسة العامة للمنظمة. وتدعو المنظمة إلى مراعاة الحجج الصحية الدامغة لاستخدام طاقة أنظف بالمنازل في طائفة واسعة من المنتديات العالمية، التي تتناول قضايا صحة الأم والطفل المرتبطة بالالتهاب الرئوي، وكذلك في المنتديات المعنية بمكافحة الأمراض غير السارية بين البالغين، ويمكن أن يساعد ذلك على إذكاء الوعي بأهمية توفير مصادر طاقة أنظف لاستخدامها في المنزل، وتعزيز تلك المصادر بوصفها واحدًا من تدابير الصحة العمومية الوقائية الأساسية في هذا المضمار.

الصحة وتغير المناخ

المنظمة شريك في التحالف المعني بالمناخ والهواء النقي للحد من ملوثات المناخ القصيرة الأجل. وبوصف المنظمة عضوًا في فرقة العمل التابعة للتحالف المذكور والمعنية بشؤون الصحة، فإنها عاكفة على تقديم الدعم التقني اللازم لتسخير الفوائد الصحية المجنية من إجراءات الحد من

ملوثات المناخ القصيرة الأجل، وعلى العمل على زيادة مشاركة قطاع الصحة في التصدي لتلك الملوثات وتحسين نوعية الهواء.

الصحة والطاقة والتنمية المستدامة:

اقترحت المنظمة إجراء تخفيضات في عبء الأمراض الناجمة عن تلوث الهواء (داخل المنزل وخارجه على حد سواء)، بوصفها مؤشرًا على الهدف المتعلق باستخدام الطاقة؛ تحقيقًا للتنمية المستدامة لما بعد عام ٢٠١٥.

أسهمت المنظمة أيضًا في وضع إطار التتبع لقياس التقدم المحرز في بلوغ هدف مبادرة الأمين العام للأمم المتحدة، لتوفير الطاقة المستدامة للجميع، المتمثل في الإتاحة الشاملة للطاقة النظيفة.

المنظمة شريك في التحالف العالمي لمواقد الطهي النظيفة، الذي تقوده مؤسسة الأمم المتحدة وتشارك فيه طائفة واسعة من وكالات الأمم المتحدة، والجهات المانحة والمنظمات غير الحكومية، وفئات المجتمع المدني والشركاء من البلدان. ويروج التحالف لتحسين تصاميم مواقد الطهي بواسطة الكتلة البيولوجية، التي يمكن أن تقلل بشكل كبير من تلوث الهواء الداخلي.

دعم الأهداف الإنمائية للألفية:

سوف تساعد معالجة مشكلة تلوث الهواء الداخلي في بلوغ الأهداف الإنمائية للألفية، وخصوصًا الهدف الرابع (تخفيض معدل وفيات الأطفال) والهدف الخامس منها (تحسين صحة الأمومة).

ستسهم أيضًا معالجة تلك المشكلة في تحقيق المساواة بين الجنسين (الهدف الثالث من الأهداف الإنمائية للألفية)، وكذلك في إتاحة المجال أمام المرأة لإدرار الدخل، مما سيساعد في القضاء على الفقر المدقع والجوع (الهدف الأول من الأهداف الإنمائية للألفية).

أخيرًا، يمكن أن يساعد استخدام الطاقة النظيفة بالمنازل على ضمان الاستدامة البيئية (الهدف السابع من الأهداف الإنمائية للألفية). وتقدم المنظمة تقارير سنوية عن نسبة السكان الذين يستخدمون أنواع الوقود الصلب لأغراض الطهي، بوصفها مؤشرًا رئيسيًا على تقييم التقدم المحرز في مجالي الصحة والتنمية.

الفصل الرابع

المطر الحمضي

- مصادر المطر الحمضي.
- تكون الأمطار الحمضية.
- الآثار الناجمة عن المطر الحمضي.

المطر الحمضي

هو مطر أو أي نوع من الهطول يحتوي على أحماض. الأمطار الحمضية لها تأثيرات مدمرة على النباتات والحيوانات المائية، معظمها تتكون بسبب مركبات النيتروجين والكبريت الناتجة عن الأنشطة البشرية، والتي تتفاعل في الجو لتكون الأحماض. في السنوات الأخيرة الكثير من الحكومات وضعت قوانين للحد من هذه المركبات المسببة للأمطار الحمضية.

مصادر المطر الحمضي:

المصدران الرئيسيان للمطر الحامض هما ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكسيد النيتروجين (NO_2).

إن هذه الغازات منتجات ثانوية لعمليات احتراق بدرجات حرارة عالية (دخان السيارات والمصانع وحرق الغابات)، والصناعات الكيماوية مثل إنتاج الاسمدة. وتشكل العمليات الطبيعية مثل تأثير البكتيريا على التربة وحرائق الغابات والنشاط البركاني والبرق ٥٪ من أكسيد النيتروجين المنبعث، أما المواصلات فتشكل ٤٣٪ بينما تشكل عمليات الاحتراق الناجمة عن المصانع ٣٢٪.

ثاني أكسيد الكبريت:

ينبعث ثاني أكسيد الكبريت (غاز عديم اللون) كمنتج ثانوي ناجم عن الوقود الأحفوري المحترق الذي يحتوي على الكبريت. وينتج هذا الغاز عن عدة عمليات صناعية، مثل إنتاج الحديد والصلب والمصانع وعمليات تصنيع النفط الخام.

ويمكن أن ينبعث ثاني أكسيد الكبريت في الجو نتيجة للكوارث الطبيعية، ويشكل هذا ١٠٪ من مجموع هذا الغاز المنبعث من البراكين ورذاذ ماء البحر، والعوالق (الكائنات الحية المعلقة في الماء) والنباتات المتعفنة. وعلى العموم فإن ٦٩,٤٪ من ثاني أكسيد الكبريت ينتج عن الاحتراق الصناعي، أما المواصلات فهي مسؤولة عن ٣,٧٪ من ثاني أكسيد الكبريت المنبعث.

ثاني أكسيد النيتروجين:

أما المادة الكيماوية الأخرى المسؤولة بشكل رئيسي عن تكوين المطر الحامض فهي أكسيد النيتروجين، وتستخدم هذه العبارة لوصف أي مركب من النيتروجين مع أية كمية من ذرات الأكسجين. إن أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين هما الاثنان أكسيدا نيتروجين.

تطلق عبارة المطر الحامض على الأمطار التي يكون معدل الأس الهيدروجيني فيها أقل من ٥,٦ (<٥,٦)، إذ يعتبر معدل PH=7 متعادلًا.

ويدور حاليًا جدل شديد بالنسبة إلى هذا النوع من تلوث الهواء؛ بسبب الضرر الذي يلحقه بالبيئة والممتلكات في العالم. ففي السنوات العشر الماضية تسببت هذه الظاهرة في تدمير آلاف البحيرات والجداول المائية في الولايات المتحدة وكندا ومناطق أخرى في أوروبا.

ويعتبر غاز أكسيد النيتروجين خطيرًا في حد ذاته؛ إذ إنه يهاجم أغشية أعضاء الجهاز التنفسي ويزيد من احتمال الإصابة بالأمراض التنفسية، كما يسهم في إتلاف الأوزون ويعمل على تكوين الضباب الدخاني. ويمكن أن ينتشر الأكسيد بعيدًا عن المكان الذي تكون فيه بواسطة المطر الحامض. وتعمل التغييرات البيئية على تغيير الحياة البرية الموجودة في المناطق التي حدث فيها التغيير.

تكون الأمطار الحمضية:

تتكون الأمطار الحمضية من تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت، وأهمها ثاني أكسيد الكبريت مع الأكسجين بوجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، وينتج ثالث أكسيد الكبريت الذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو، ليعطي حمض الكبريت.

الذي يبقى معلقًا في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر، وقد يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر، وينتج في هذه الحالة مركب جديد هو كبريتات النشادر، أما عندما يكون الجو جافًا ولا تتوفر فرصة لسقوط الأمطار، فإن رذاذ حمض الكبريت، ودقائق كبريتات النشادر يبقيان معلقين في الهواء الساكن، ويظهران على هيئة ضباب خفيف، لا سيما عندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الأمطار، فإنهما يذوبان في ماء المطر، ويسقطان على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي. هذا وتشترك أكاسيد النيتروجين مع أكاسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، حيث تتحول أكاسيد النيتروجين بوجود الأكسجين والأشعة فوق البنفسجية إلى حمض النيتروجين.

ويبقى هذا الحمض معلقًا في الهواء الساكن، وينزل مع مياه الأمطار مثل حمض الكبريت، مكونًا الأمطار الحمضية. ولا بد من إبداء الملاحظتين الآتيتين في هذا المجال:

الملاحظة الأولى:

إن الغازات الملوثة تنتقل بواسطة التيارات الهوائية، تؤكد الدراسات في إسكندنافيا أن كمية غازات الكبريت أعلى (٢.٠) مرة مما تطلقه مصانعها، وفي الوقت نفسه، لا تزيد كمية غازات الكبريت في أجواء بعض أقطار أوروبا الغربية، وخاصة المملكة المتحدد عن ١٠-٢٠٪. وهذا يعني

أن هذه الغازات الملوثة، تنتقل بواسطة التيارات الهوائية من أوروبا الغربية إلى اسكندنافيا وإنجلترا.

الملاحظة الثانية:

الأمطار تزداد مع الزمن، كما جاء في كتاب (التلوث مشكلة العصر)، تشير الدراسات إلى أن حموضة الأمطار التي سقطت فوق السويد عام ١٩٨٢ كانت أعلى بعشر مرات من حموضة الأمطار التي سقطت عام ١٩٦٩، حيث لاحظ الخبراء أن نسبة حموضة مياه الأمطار زادت بشكل منذر بالخطر، أما درجة حموضة الأمطار في بريطانيا فقد وصلت إلى ٤.٥ في عام ١٩٧٩، ووصلت في نفس العام في كندا إلى ٣.٨ وفرجينيا إلى ١.٥، حيث كانت درجة حموضة أمطار فرجينيا تقارب درجة حموضة حمض الكبريت (أسيد البطاريات) وفي إسكتلندا، وصلت إلى ٢.٧ عام ١٩٧٧، ووصلت في لوس أنجلس إلى ٣ عام ١٩٨٠. أي أكثر حموضة من الخل وعصير الليمون. ولا يقتصر التوزع الجغرافي للأمطار على البلاد الصناعية، إذ يمكن أن تنتقل الغيوم لمسافات بعيدة عن مصادر التلوث الصناعي، فتهطل أمطارًا حمضية على مناطق لا علاقة لها بمصدر التلوث.

ولا بد من الإشارة إلى أن درجة حموضة ماء المطر النقي هي بين ٥.٥–٦، أي تميل إلى الحموضة قليلًا، ولم يسجل أي تأثير سلبي لهذه النسبة حصل خلال ملايين السنين، ويمكن اعتبار ماء المطر نقيًا في حدود هذه الدرجة وغير ضار بالبيئة حسب المعلومات المتوفرة.

آثار المطر الحمضي:

إن خفض PH من ٧ إلى ٤ يعتبر تغييراً مهمًا في البيئة، كما يظهر ذلك من التغييرات في الحياة الفطرية.

وهناك تأثيرات مباشرة وغير مباشرة للمطر الحامض. إن الحامض يتدخل بشكل مباشر في قدرة الأسماك على امتصاص الأكسجين والأملاح والمواد المغذية اللازمة للحياة. ويعمل الحامض الموجود في الماء على تكوين المخاط في خياشيم الأسماك، ويمنعها من امتصاص الأكسجين من المياه المجاورة. ومع بعض الاستثناءات القليلة، فإن الأسماك الكبيرة لا تستطيع العيش في مياه يكون فيها معدل PH أقل من ٤,٨. وعلى أية حال فإن بيض الأسماك والأسماك الصغيرة لا تستطيع العيش عندما يكون مستوى PH أقل من ٥,٥.

وإذا كان التكاثر غير ممكن فإن المجموعة المفترضة من الأسماك ستنفق في النهاية، حتى لو كان معدل PH ليس منخفضًا بشكل كافٍ لقتل الأسماك الكبيرة. إن الشيء الأكثر أهمية هو أن المطر الحامض يمكن أن يلحق بنا الضرر من خلال الغلاف الجوي أو التربة التي نحصل منها على غذائنا. ويعمل المطر الحامض على انفصال المعادن السامة عن مركباتها الكيماوية الطبيعية، مما يجعل هذه المعادن غير الضارة في السابق معادن خطيرة. وتطلق هذه المعادن التي أصبحت خطرة مواد سامة يمكن أن تمتصها مياه الشرب والمحاصيل والحيوانات التي يأكلها الإنسان. إن مثل

هذه الأطعمة التي يتناولها الإنسان قد تسبب تلفًا عصبيًا عند الأطفال أو تلفًا دماغيًا شديدًا. وهناك شك في وجود علاقة بين الألمنيوم ومرض الزهايمر.

ومن أحد أبرز المضاعفات الجانبية الخطيرة للمطر الحامض على البشر تلك المشكلات المتعلقة بالجهاز التنفسي. إن انبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين يزيد من مخاطر المشكلات التنفسية، مثل السعال الجاف والربو والصداع، وأمراض العين والأنف وحساسية البلعوم.

السلبيات:

وتؤدي ظاهرة المطر الحامض كذلك إلى تدهور البنايات والتماثيل؛ إذ يتفاعل هذا المطر مع المواد المعدنية المختلفة، ويتكون المطر الحامض عندما يتحد مع أكسيد النيتروجين والكبريتيد مع الرطوبة في الغلاف الجوي، ليكون أحماض الكبريتيك والنيتريك. ويمكن أن تنقل هذه الأحماض إلى مسافات بعيدة عن مكانها الأصلي.

على البيئة البحرية:

إن زيادة حموضة الماء تعود إلى انتقال حمض الكبريت وحمض الأزوت (النيتروجين) إليها، مع مياه السيول والأنهار بعد هطول الأمطار الحمضية. إضافة إلى ذلك فان الأمطار الحمضية تجرف معها عناصر

معدنية مختلفة بعضها يشكل مركبات من الزئبق والرصاص والنحاس والالمنيوم، فتقتل الأحياء في البحيرات، ومن الجدير ذكره أن درجة حموضة ماء البحيرة الطبيعي تكون بين ٥-٦ فإذا قلت عن الرقم ٥ ظهرت المشاكل البيئية، وكما أن ماء البحيرات يذيب بعض المركبات القاعدية القلوية الموجودة في صخور القاع أو تنتقل إليها مع مياه الأنهار والسيول، فتنطلق شوارد البيكربونات وشوارد أخرى تعدل حموضة الماء، وتحول دون انخفاض الرقم الهيدروجيني، ويعبر عن محتوى الماء من شوارد التعديل بـ(سعة تعديل الحمض)، إذن تدل الإحصائيات على أن عدد البحيرات التي كانت حموضتها أقل من ٥ درجات في أمريكا في النصف الأول من هذا القرن كان ٨ بحيرات فقط، وأصبح الآن ١٠٩ بحيرات، كما أحصي في منطقة أونتاريو في كندا، أكثر من ألفي بحيرة حموضة مياهها أقل من ٥ درجات، وفي السويد أكثر من ٢٠٪ من البحيرات تعاني من ارتفاع الحموضة، وبالتالي الخلل البيئي واضطراب الحياة فيها.

على الغابات والنباتات:

الأثر الناجم عن مطر حمضي هطل على غابة في جمهورية التشيك:

إن تدمير الغابات له تأثير في النظام البيئي، فمن الملاحظ أن إنتاج الغابات يشكل نحو ١٥٪ في الإنتاج الكلي للمادة العضوية على سطح الأرض، ويكفي أن نتذكر أن كمية الأخشاب التي يستعملها الإنسان في العالم تزيد عن ٢.٤ مليار طن في السنة، كما أن غابات الحور المزروعة في

واحد كم^2 تطلق ١٣٠٠ طن من الأكسجين، وتمتص نحو ١٦٤٠ طنًا من ثاني أكسيد الكربون خلال فصل النمو الواحد.

كذلك تؤثر الأمطار الحمضية في النباتات الاقتصادية ذات المحاصيل الموسمية وفي الغابات الصنوبرية، فهي تجرد الأشجار من أوراقها، وتحدث خللًا في التوازن الشاردي في التربة، وبالتالي تجعل الامتصاص يضطرب في الجذور، والنتيجة تؤدي لحدوث خسارة كبيرة في المحاصيل، وعلى سبيل المثال فقد بلغت نسبة الأضرار في الأوراق بصورة ملحوظة في إحراجها ٣٤٪ سحابة من الغيوم، تنذر بوقوع الكارثة في ألمانيا في السبعينات وازدادت إلى ٥٠٪ عام ١٩٨٥.

وفي السويد وصلت الأضرار إلى ٣٠٪ في إحراجها، وتشير التقارير إلى أن ١٤٪ من جميع أراضي الأحراج الأوروبية قد أصابها الضرر نتيجة الأمطار الحمضية. إضافة إلى أن معظم الغابات في شرقي الولايات المتحدة الأميركية، تتأثر بالأمطار الحمضية، لدرجة أن أطلق على هذه الحالة اسم فالدشترين وتعني موت الغابة. علمًا بأن أكثر الأشجار تأثرًا بالأمطار الحمضية هي الصنوبريات في المرتفعات الشاهقة؛ نظرًا لسقوط أوراقها قبل أوانها مما يفقد الاخشاب جودتها، وبذلك تؤدي إلى خسارة اقتصادية في تدمير الغابات وتدهورها. وتبدو الأمطار الحمضية كملوث خطير، له تأثيرات سلبية على العديد من مكونات النظام البيئي البري؛ فهي تؤثر أولًا على الغطاء النباتي، فتقضي عليه، إما بتفاعل المطر الحمضي مع أوراق النبات، حيث يعمل على تآكلها وتلفها وسقوطها، وإما عن طريق تحميض

التربة ومهاجمة جذور النبات، والقضاء على الكائنات الحية الدقيقة والإخلال بنسب غذاء النبات، فيتعثر نمو النبات ويجف في النهاية.

على التربة:

تبين التقارير أن التربة في مناطق أوروبا أخذت تتأثر بالحموضة، مما يؤدي إلى أضرار بالغة من انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين مثلًا، وانخفاض معدل تفكك الاداة العضوية، مما أدى إلى سماكة طبقة البقايا النباتية إلى الحد الذي أصبحت فيه تعوق نفاذ الماء إلى داخل التربة، وإلى عدم تمكن البذور من الإنبات، وقد أدت هذه التأثيرات إلى انخفاض إنتاجية الغابات. وتؤثر أيضًا على التربة، حيث يوجد العديد من المعادن السامة فيها، وإضافة إلى المواد الحمضية التي تحتويها، ويعمل الحمض على تلف الكائنات الدقيقة التي تعيش في التربة واللازمة لتحلل الأجسام العضوية إلى مواد غذائية صالحة للنبات.

على الحيوانات:

تتوقف سلامة كل مكون من مكونات النظام البيئي على سلامة المكونات الأخرى، دخان المصانع السبب الرئيسي فمثلًا تأثر النباتات بالأمطار الحمضية يحرم القوارض من المادة الغذائية والمأوى، ويؤدي إلى موتها أو هجرتها، كما تموت الحيوانات اللاحمة التي تتغذى على القوارض أو تهاجر أيضًا وهكذا.. وقد يلاحظ التأثير المباشر للأمطار الحمضية في الحيوانات، كما لوحظ موت القشريات والأسماك الصغيرة في البحيرات

المتحمضة، نظرًا لتشكل مركبات سامة بتأثير الحموض (الأمطار الحمضية)، تدخل في نسيج النباتات والبلانكتون (العوالق النباتية: نباتات وحيدة الخلية عائمة)، وعندما تتناولها القشريات والأسماك الصغيرة، تتركز المركبات السامة في أنسجتها بنسبة أكبر. وهكذا تتركز المواد السامة في المستهلكات الثانوية والثالثية حتى تصبح قاتلة في السلسلة الغذائية. ولا بد من الإشارة إلى أن النظام البيئي لا يستقيم إذا حدث خلل في عناصره المنتجة أو المستهلكة أو المفككة، وبالنتيجة يؤدي موت الغابات إلى موت الكثير من الحيوانات الصغيرة، وهجرة الكبيرة منها، فهي أيضًا تضر بالطيور، حيث تساعد على نقص تمثيل الكالسيوم لديها، مما يؤثر على عظامها ومتانة بيضها، كما تضطرها إلى مغادرة المناطق الملوثة، كما تقتل العديد من الحيوانات التي تتغذى على الأوراق والنباتات التي تعالج بها.

على الإنسان:

يتشكل الضباب الدخاني في المدن الكبيرة، وهو يحتوي على حموضة، حيث يبقى معلقًا في الجو عدة أيام، وذلك عندما تتعرض الملوثات الناتجة عن وسائل النقل بصورة فادحة إلى الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فيحدث بين مكوناتها تفاعلات كيميائية، تؤدي إلى تكوين الضباب الدخاني الذي يخيم على المدن، وخاصة في ساعات الصباح الأولى. والأخطر في ذلك هو غاز ثاني أكسيد النيتروجين، لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيميائية الضوئية، التي ينتج عنها الضباب الدخاني وبالتالي نكون أمام مركبات عديدة لها تأثيرات

ضارة على الإنسان؛ إذ تسبب احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها، والسعال والاختناق، وتلف الأنسجة وانخفاض معدل التمثيل الضوئي في النبات الأخضر. وكل هذا ينتج عن حدوث ظاهرة الانقلاب الحراري، كما حدث في مدينة لندن عام ١٩٥٢ عندما خيم الضباب الدخاني لمدة ثلاثة أيام، مات بسببه ٤٠٠٠ شخص، وكذلك ما حدث في أنقرة وأثينا.

هذا فضلًا عن التأثيرات الخطيرة للأمطار الحمضية على الصحة الإنسانية، حينما يتناول الإنسان الخضراوات والأسماك التي تركزت واختزنت فيها المركبات الحمضية. كما لا يخفى أثر الأمطار الحمضية على الأحياء البحرية في البحيرات والأنهار، فقد أدت إلى فناء الأسماك والبكتريا المحللة، وعملت على تزايد نمو الطحالب والفطريات وبعض النباتات المقاومة للحموضة، مما يجعل البحيرة تنطمر وتتحول إلى موات، نشير هنا إلى أن أكثر الدول معاناة من ظاهرة الأمطار الحمضية، هي الدول الإسكندنافية، حيث تأتيها الرياح من جنوب أوروبا، وكذلك كندا، وتأتيها الرياح من شمال الولايات المتحدة وشرقها، محملة بالملوثات المنبعثة من المصانع ومحطات توليد الطاقة والسيارات، والتي يتكون منها المطر الحامضي.

أضرار الدخان:

ويشكل الضباب والمطر (الدخان) ضررًا على الأشخاص الذين يعانون من مشكلات مثل الربو، كما أن المطر الحامض قد يعمل على

تفاقم مشكلة التنفس عند المرضى ما قد يؤدي إلى الوفاة. إن عملية ترميم المباني والنصب التذكارية بسبب التآكل الناجم عن المطر الحامض قد يكون مكلفًا بشكل كبير. ففي وستمنسر بإنجلترا تم تخصيص ما يصل إلى عشرة ملايين جنيه لأعمال الترميم للمباني المتضررة من المطر الحامض، أما الولايات المتحدة فقد أنفقت ٣٥ مليار دولار على التلف الذي أصاب الأصباغ بسبب هذا المطر. ووصلت كلف ترميم كاتدرائية كولونيا في ألمانيا إلى حوالي ٢٠ مليون دولار، أما كلف ترميم النصب التذكارية الرومانية فقد كلفت الإيطاليين حوالي ٢٠٠ مليون دولار.

الجهد الدولي:

وفي العام ١٩٩١ وقعت الولايات المتحدة وكندا اتفاقًا بخصوص نوعية الهواء، وقد اتفقت الدولتان منذ ذلك الحين على اتخاذ إجراءات لتقليل انبعاث ثاني أكسيد الكبريت، وبموجب الاتفاق وافقت الولايات المتحدة على تقليل انبعاث ثاني أكسيد الكبريت بحوالي عشرة ملايين طن سنويا بحلول العام ٢٠٠٠.

وقبل عام من الاتفاق حاول اتفاق الهواء النقي المعدل تقليل انبعاث أكسيد النيتروجين بمقدار ٢ مليون طن، وقد ركز هذا البرنامج على المصدر الذي ينبعث منه أكسيد النيتروجين مثل السيارات ومراجل توليد الطاقة.

تقليل الانبعاثات:

إن ما يمكن أن يعمله الإنسان لتقليل انبعاث ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين هو التقليل من استهلاك الوقود الأحفوري، كما أن الاستخدام الجماعي للسيارات ووسائل النقل العام والمشي يمكن أن يقلل بشكل كبير من انبعاث هذه الغازات. ويعتبر التقليل من استهلاك الطاقة مفيدًا للبيئة؛ لأن الطاقة المستهلكة تأتي من الوقود الأحفوري الذي يؤدي إلى تكوين المطر الحامض.

فعلى سبيل المثال يمكننا إطفاء الأنوار التي لا نحتاج إليها، والتقليل من استخدام أجهزة التكييف والتدفئة، كما أن استبدال الأجهزة القديمة بأجهزة جديدة لا تستهلك الكثير من الطاقة فكرة ممتازة، كما يمكن التقليل من غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث في الهواء باستخدام أجهزة غسل الغاز في المصانع.

مصادر الطاقة الآمنة:

ويمكن كذلك استخدام مصدر طاقة بديلًا في محطات إنتاج الطاقة للتقليل من الغازات المنبعثة، وتشمل هذه البدائل: الطاقة الحرارية الأرضية، الطاقة الشمسية، الطاقة التي يمكن توليدها عن طريق الريح والماء.

آثار أخرى:

الأمطار الحمضية يمكن أيضًا أن تحدث أضرار ببعض أنواع المباني والآثار التاريخية والتماثيل، هذا يحدث عندما يتفاعل حمض الكبريتيك في تلك الأمطار مع مركبات الكالسيوم في الحجارة (كالأحجار الجيرية أو الرخام أو الغرانيت) لتكوين الجص الذي يتشقق ويسقط. المعادلة الكيميائية للتفاعل:

يمكن أيضًا أن يتفاعل حمض الأزوت (النيتروجين) الموجود في الأمطار الحمضية مع كثير من المعادن في المنشآت الصناعية ويتسبب في تخريبها.

الفصل الخامس

أثر تلوث الهواء على طبقة الأوزون

- طبقة الأوزوزن.
- دور طبقة الأوزون.
- حساسية الحمض النووي للأشعة فوق البنفسجية.
- أين يتوزع الأوزون.
- دورة بروير–دوبسون في طبقة الأوزون.
- استنزاف الأوزون.
- الحلول المقترحة للتقليل من استنزاف الأوزون.
- أضرار تآكل طبقة الأوزون.
- أهمية طبقة الأوزون.
- أسباب ثقب الأوزون.

طبقة الأوزون

هي جزء من الغلاف الجوي لكوكب الأرض، والذي يحتوي بشكل مكثف على غاز الأوزون. وهي متمركزة بشكل كبير في الجزء السفلي من طبقة الاستراتوسفير من الغلاف الجوي للأرض، وهي ذات لون أزرق.

يتحول فيها جزء من غاز الأوكسجين إلى غاز الأوزون، بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس، وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوي نظرًا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته. ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا، فهي تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القصيرة بتركيز كبير إلى سطح الأرض.

اكتشف كل من شارل فابري وهنري بويسون طبقة الأوزون في ١٩١٣، وتم معرفة التفاصيل عنها من خلال غوردون دوبسون الذي قام بتطوير جهاز لقياس الأوزون الموجود في طبقة الاستراتوسفير من سطح الأرض.

بين سنة ١٩٢٨ و١٩٥٨ قام دوبسون بعمل شبكة عالمية لمراقبة الأوزون، والتي ما زالت تعمل حتى وقتنا هذا. وحدة قياس دوبسون، هي وحدة لقياس مجموع الأوزون في العامود، سميت باسمه تكريمًا له.

خصوصًا إذا علمنا أن غاز الأوزون، والمتكون من ثلاث ذرات أوكسجين، لونه مائل إلى الخضرة، وأن من أهم وظائف طبقة الأوزون هي

حماية سطح الأرض من الأشعة الضارة للشمس من أن تصل لسطحها، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية، التي تسبب أضرارًا بالغة للإنسان وخاصة سرطانات الجلد، وأيضًا للحيوان والنبات على حد سواء.

دور طبقة الأوزون:

على الرغم من أن تركيز الأوزون في طبقة الأوزون قليل، إلا أنه مهم بشكل كبير للحياة على الأرض، حيث إنها تمنع تسرب الأشعة فوق البنفسجية الضارة (UV) التي تطلقها الشمس. تم تصنيفها على حسب طول موجاتها إلى UV-A وUV-B وUV-C حيث تعتبر الأخيرة خطيرة جدًا على البشر، ويتم تنقيتها بشكل كامل من خلال الأوزون على ارتفاع ٣٥ كيلومتر. مع ذلك يعتبر غاز الأوزون سام على ارتفاعات منخفضة حيث يسبب النزيف وغيرها.

من الممكن أن يؤدي تعرض الجلد لأشعة UV-B لاحتراقه (يظهر على شكل احمرار شديد)، والتعرض الشديد له قد يؤدي إلى تغير في الشفرة الوراثية والتي تنتج عنها سرطان الجلد. مع أن طبقة الأوزون تمنع وصول الأشعة UV-B إلا أنه يصل بعضًا منها لسطح الأرض. معظم أشعة UV-A تصل الأرض وهي لا تضر بشكل كبير إلا أنها من الممكن أن تسبب تغييرًا في الشفرة الوراثية أيضًا.

استنزاف طبقة الأوزون يسمح للأشعة فوق البنفسجية –وتحديدًا الأشعة ذات الموجات الأكثر ضررًا– أن تصل إلى سطح الأرض؛ مما يؤدي

إلى زيادة في احتمال حدوث تغييرات بالجينات الوراثية للأحياء على الأرض.

حساسية الحمض النووي للأشعة فوق البنفسجية:

مستويات طاقة الأشعة فوق البنفسجية عند ارتفاعات مختلفة، الخط الأزرق يوضح حساسية الحمض النووي (DNA)، اللون الأحمر يوضح مستوى الطاقة عند انخفاض ١٠٪ بنسبة الأوزون.

لتقدير أهمية الوقاية من الأشعة فوق البنفسجية، نستطيع تفادي الضرر من التعرض للإشعاع في طيف ضوئي (action spectrum)، حيث يبين لنا تأثير الإشعاع البيولوجي حسب طول الموجات. من الممكن أن يكون التأثير حروق الجلد، تغير في نمو النبات أو تغيير في الحمض النووي (DNA). يتغير الضرر من التعرض للإشعاع على حسب طول الموجات. لحسن الحظ، يتغير تركيب الحمض النووي (DNA) بالموجات الأقل من ٢٩٠ نانومتر، والتي تقوم طبقة الأوزون بحجبها بشكل كبير، وفي الموجات الأطول التي يحجبها الأوزون بشكل بسيط لا يتضرر الحمض النووي بشكل كبير. لو قل الأوزون بنسبة ١٠٪، سيتم التغيير بنسبة ٢٢٪ في الحمض النووي من تأثير الأشعة الفوق بنفسجية. للعلم التغيير في الحمض النووي يؤدي إلى أمراض مثل سرطان الجلد، وهذا يوضح أهمية طبقة الأوزون في حياتنا.

أين يتوزع الأوزون:

المتوسط الشهري العالمي لكمية الأوزون الإجمالية:

سماكة الأوزون هي الكمية الإجمالية في عمود رأسي من الهواء، وهي تختلف لأسباب كثيرة، حيث تكون أقل عند خط الاستواء وأكبر مع المرور عند القطبين. وهي تختلف أيضًا في المواسم، حيث تكون أكثر سماكة في فصل الربيع وأقل سماكة في فصل الخريف. والأسباب لذلك معقدة، يتضمن ذلك دورة الغلاف الجوي وقوة الشمس.

بما أن الأوزون الموجود في طبقة الاستراتوسفير ينتج بسبب الأشعة الفوق البنفسجية الصادرة من أشعة الشمس؛ لذلك من المتوقع أن تكون أعلى مستويات الأوزون عند خط الاستواء وأقلها عند القطبين، ولنفس السبب من الممكن الاستنتاج أن أعلى مستويات الأوزون في الصيف وأقلها في الشتاء. غير أن ذلك غير صحيح حيث إن أعلى مستويات الأوزون متواجدة في القطبين الشمالي والجنوبي، كما تكون أعلى في فصل الربيع وليس في الصيف، وأقلها في فصل الخريف وليس الشتاء.

خلال فصل الشتاء، تزداد سماكة طبقة الأوزون. تم تفسير هذه الأحجية من خلال دورة الرياح في طبقة الاستراتوسفير والمعروفة بدورة بروير–دوبسون، معظم الأوزون يتم إنتاجه فوق القطبين وتقوم دورة الرياح في طبقة الاستراتوسفير من عند القطبين باتجاه وبالعكس إلى ارتفاع أقل في طبقة الاستراتوسفير.

دورة بروير-دوبسون في طبقة الأوزون:

طبقة الأوزون أكثر ارتفاعًا عند خط الاستواء، وأقل انخفاضًا عند الابتعاد عن خط الاستواء، خصوصًا عند منطقة القطبين. تنوع الارتفاع في الأوزون سببه بطء دورة الهواء التي ترفع الأوزون من طبقة التراابوسفير إلى الاستراتوسفير.

كلما ابتعدنا عن خط الاستواء زادت سماكة الأوزون باتجاه القطبين، بشكل عام كمية الأوزون الموجودة في القطب الشمالي أكثر منها في الجنوبي. بالإضافة إلى ذلك، تكون سماكة الأوزون في القطب الشمالي أكبر في فصل الربيع (مارس وأبريل) منها في القطب الجنوبي، بينما تكون في القطب الجنوبي أكبر في فصل الخريف (سبتمبر وأكتوبر) منها في القطب الشمالي في نفس الفترة. في الواقع أكبر كميات الأوزون في جميع أنحاء العالم توجد في القطب الشمالي خلال فترة الربيع، وفي خلال الفترة نفسها تكون أقل كميات الأوزون في جميع أنحاء العالم توجد في القطب الجنوبي خلال فترة الربيع بالقطب الجنوبي بشهري سبتمبر وأكتوبر وذلك بسبب ظاهرة ثقب الأوزون.

استنزاف الأوزون:

من الممكن استنزاف طبقة الأوزون هيدروكسيل (OH)، غاز الكلور (Cl) وغاز البرومين (Br). حيث يوجد مصادر طبيعية لجميع العناصر المذكورة، إلا أن تركيز غاز الكلور وغاز البرومين قد ارتفع بشكل ملحوظ

في السنوات الأخيرة؛ وذلك بسبب إنتاج البشر لبعض المواد المركبة خصوصًا كلوروفلوروكربون (chlorofluorocarbon)، والتي تعرف اختصارًا باسم (CFCs) وأيضًا بروموفلوروكربون.

هذه المركبات المستقرة كيميائية تستطيع أن تصل إلى طبقة الاستراتوسفير، حيث تعمل الأشعة فوق البنفسجية على تفكيك كل من الكلور والفلور، يبدأ كل منهم بتحفيز سلسلة من التفاعل القادرة على تفكيك أكثر من ١٠٠,٠٠٠ جزيء أوزون. الأوزون في الجزء الشمالي من الكرة الأرضية في انخفاض ٤٪ كل عقد. تقريبًا أكثر من ٥٪ من سطح الأرض حول القطب الشمالي والقطب الجنوبي، أكثر (لكن بشكل موسمي) قد ينخفض؛ وهذا ما يسمى بـ(ثقب الأوزون).

ما هي الحلول المقترحة للتقليل من استنزاف الأوزون؟

السويد هي أول دولة تمنع استخدام الرشاشات (مثل المبيدات الحشرية)، التي تقضي على الحشرات، والتي تحتوي على كلوروفلوروكربون (CFC)، الذي يعمل على تآكل طبقة الأوزون في ٢٣ يناير، ١٩٧٨. تلتها بعض الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا والنرويج. وقد منعت المجموعة الأوروبية اقتراح مشابه، حتى في الولايات المتحدة، ما زال غاز كلوروفلوروكربون يستخدم في أماكن أخرى مثل الثلاجات والمنظفات الصناعية، حتى بعد اكتشاف ثقب طبقة الأوزون بالقطب الجنوبي في سنة ١٩٨٥. بعد محادثات ومعاهدة دولية (بروتوكول مونتريال)، تم وقف إنتاج

كلوروفلوروكربون (CFC) بشكل كبير ابتداءً من ١٩٨٧، وبشكل كامل في عام ١٩٩٦.

في ٢ اغسطس ٢٠٠٣، قام العلماء بالإعلان أن استنزاف طبقة الأوزون قد بدأ يتباطأ بعد حظر استخدام الكلوروفلوروكربون (CFC).

ثلاث أقمار اصطناعية وثلاث محطات أرضية أثبتت بطء استنزاف طبقة الأوزون العليا بشكل كبير خلال العقد الماضي. تمت الدراسة من خلال منظمة الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي (American Geophysical Union). بعض الانحلال ما زال قائمًا في طبقة الأوزون؛ بسبب عدم قيام بعض الدول بمنع استخدام الكلوروفلوروكربون (CFC)، بالإضافة إلى وجوده مسبقًا في طبقة الاستراتوسفير قبل منع استخدامه، حيث له فترة انحلال طويلة من ٥٠ إلى أكثر من ١٠٠ سنة، ولذلك تحتاج طبقة الأوزون لرجوعها بشكل كامل لعدة عقود.

حاليًا يتم تركيب مكونات تحتوي على (C-H) لتحل كبديل لاستخدام الكلوروفلوروكربون (CFC)، مثل هايدروكلوروفلوروكربون (HCFC)، حيث إن هذه المركبات أكثر نشاطًا، ولحسن الحظ لا تبقى فترة كافية في الغلاف الجوي لتصل إلى طبقة الاستراتوسفير، حيث تؤثر على طبقة الأوزون.

ومن أضرار تآكل طبقة الأوزون على البيئة:

- انتشار سرطان الجلد.

يؤدى تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض.

الإصابة بالمياه البيضاء في العين (كتاركت).

- حدوث اختلال في جهاز المناعة في جسم الإنسان:

مما يزيد من نسبة تعرضه للأمراض المعدية المختلفة، وخاصة أمراض الجهاز التنفسي.

- تسرب الأشعة فوق البنفسيجية:

تسبب أضرارًا للمحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية؛ حيث إن الحيوانات تتغذى على هذه النباتات والأعشاب، وهذا يعني أن الضرر سيلحق بها نتيجة تضرر النباتات.

- الثروة السمكية:

زيادة الأشعة فوق البنفسجية يقلل من الطحالب والنباتات ذات الخلية الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك، كما أنه يهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريبة من سطح الماء.

- تغير المناخ:

يسبب زيادة الأوزون في التربوسفير Troposphere تلوثًا ونقصًا في طبقة الاستراتوسفير، ويسبب خللًا في توازن الغلاف الجوي، الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في الأرض أو الغلاف الجوي. ولا يعتبر الأوزون هو المتسبب الوحيد في ارتفاع درجة حرارة الأرض، بل يشارك معه غاز ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكلورفلوركربون وأكاسيد النيتروجين وغاز الميثان.

أهمية طبقة الأوزون:

من أهم وظائف طبقة الأوزون هي حماية سطح الأرض من الأشعة الضارة للشمس، من أن تصل لسطحها الأشعة فوق البنفسجية، التي تسبب أضرارًا بالغة للإنسان وخاصة سرطانات الجلد، وأيضًا للحيوان والنبات على حد سواء. كما أن وجوده في الهواء بتركيز كبير يسبب الأعراض التالية: ضيق في التنفس، حالات من الإرهاق والصداع.. وغيرها من الاضطرابات التي تعكس مدى تأثر الجهاز العصبي والتنفسي.

أسباب ثقب الأوزون:

يرجع السبب الرئيسى لإحداث ثقب الأوزون إلى تلوث البيئة بالكيماويات وتصل هذة الكيماويات إلى منطقة الاستراتوسفير عن طريق:

١- الأيروسولات:

ونعني بها البخاخات التي تنفث منها المواد الكيميائية على هيئة ذرات دقيقة، محملة على غازات مضغوطة (الكلوروفلوركربونات) داخل علب، وقد شاع استعمال هذه العلب المضغوطة في السنوات الأخيرة لأغراض متعددة منها معطرات الغرف ،ومثبتات الشعر للسيدات، ومبيدات للحشرات المنزلية والمنظفات وغيرها كثير. ولأن غاز (الكلوروفلوركربون) سهل في تصنيعه ويعتبر رخيص التكاليف فسرعان ما دخل في صناعات كثيرة.

وقد تبين أن هذا الغاز له عمر طويل قد يمتد قرنًا أو يزيد فعمره المتوسط بين ٧٥-١٠٠ سنة، وخلال هذه المدة الطويلة يمكنه أن يتصاعد في الجو؛ لأنه شديد التطاير ويظل نشطًا في تفاعلاته الكيميائية، ويتمثل الخطر في هذا الغاز في احتوائه على غاز الكلور الذي ينتج من تفكك الكلوروفلوروكربون تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، ولقد وجد أن الكلور الذي ينفصل من هذا الغاز هو العنصر الوسيط في تدمير غاز الأوزون، وهو السبب الجوهري والأول في نضوبه، وتقليل نسبة تركيزه في بعض طبقات الغلاف الجوي، ووجود ثغرات أو فجوات في مناطق متفرقة فيه، وأن هذا النضوب ليس تفاعلًا سريعًا يحدث للتو واللحظة، بل له خاصية الاستمرار البطيء، وإن هذا التفاعل قد يستمر قرونًا.

٢- الطيران النفاث:

أكاسيد النيتروجين، مثل أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين الذين ينطلقان من بعض أنواع الطائرات التي تطير بمستوى طبقة الأوزون. حيث إن محركات الطائرات تقوم بشفط قدر هائل من الهواء من مقدماتها؛ للحصول على الأوكسجين الموجود في الهواء والموجود في أكاسيد النيتروجين أيضًا، وذلك بغية أن يعمل الأوكسجين كعامل مساعد للاحتراق الهائل الذي يحدث في غرف احتراق محركات هذه الطائرات.

٣- إطلاق الصواريخ إلى الفضاء:

تنقسم الصواريخ المستخدمة في عمليات غزو الفضاء إلى نوعين من حيث نوع الوقود المستخدم في دفعها هما:

أ) صواريخ تعمل بالوقود السائل.

ب) صواريخ تعمل بالوقود الجاف.

وحيث أن القدر المهول من الغازات الملازمة لدفع حركة الصاروخ للأمام تستلزم حرق قدر هائل من الوقود السائل أو الصلب، أي أن الغازات الناتجة عن الاحتراق والتي تنفث في الجو من مؤخرة الصاروخ تكون هائلة الحجم وتقدر بآلاف الأطنان. وفي كل أنواع الصواريخ تحتوي هذه الغازات قدرًا كبيرًا من الغازات الوسيطة لتدمير الأوزون كالكلور والنيتروجين وغيرهما، ويكون ذلك بنسبة كبيرة في الصواريخ التي تستخدم

الوقود الجاف، وبنسبة أقل في الصواريخ ذات الوقود السائل. ولقد قدر العلماء أن ٥٠٠ عملية إطلاق متتالية لصواريخ ساترن-٥ الأمريكية كفيلة بالقضاء على كل غاز الأوزون في الغلاف الجوي.

٤- التفجيرات النووية:

لقد كان لتفجير القنبلتين الذريتين فوق مدينتي هيروشيما ونجازاكي اليابانيتين الكثير من الآثار، فقد أعقب هذا التفجير الذري بثوانٍ معدودة عمود من الدخان شمخ إلى ارتفاع عالٍ في الجو ثم الفضاء، ملبدًا بغيوم كثيفة حجبت ضوء الشمس عدة ساعات، ومع كل ما حواه عمود الدخان من أذى، فلا شك أن الغازات والحرارة البالغة التي نجمت عنه، كان لها تأثيرات بالغة على طبقة الأوزون وما تحتها وما فوقها، وهي تطاول عنان السماء مخترقة كل طبقات الغلاف الجوي، بدافع ذاتي قوي اكتسبته من قوة التفجير هذه. واليوم أصبحت التفجيرات النووية تجرى من أجل التجارب، ليس فقط في تحت الأرض أو في المناطق الصحراوية النائية وحدها، بل تجرى أيضًا في أعالي الغلاف الجوي، وهي كلها تبث في الغلاف الجوي قدرًا من الغازات والإشعاعات والحرارة، التي بلا شك تعمل على تدمير غاز الأوزون أو على الأقل نضوبه.

٥- الهالونات:

التي تستخدم في مكافحة الحرائق.

٦- بروميد الميثيل:

المستخدم كمبيد حشري لتعقيم المخزون من المحاصيل الزراعية، ولتعقيم التربة الزراعية نفسها.

٧- بعض المذيبات:

المستخدمة في عمليات تنظيف الأجزاء الميكانيكية والدوائر الإلكترونية.

الفصل السادس

تلوث المياه

- تعريف التلوث المائي.
- أنواع التلوث المائي.
- إجراءات وقاية المياه من التلوث.
- تلوث مياه البحار.
- أسباب تلوث المياه الجوفية.
- أسباب تلوث مياة النيل.
- حلول لتلوث الماء.

تلوث المياه

هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، يؤثر سلبًا على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة. ويؤثر تلوث الماء تأثيرًا كبيرًا في حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية، فالماء قد يكون سببًا رئيسيًا في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثًا.

ينقسم التلوث المائي إلى نوعين رئيسيين، الأول هو التلوث الطبيعي، ويظهر في تغير درجة حرارة الماء، أو زيادة ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة.

والنوع الآخر هو التلوث الكيميائي، وتتعدد أشكاله كالتلوث بمياه الصرف والتسرب النفطي، والتلوث بالمخلفات الزراعية كمبيدات الحشرات والمخصبات الزراعية.

يأخذ التلوث المائي أشكالًا مختلفة، ويحدث تداعيات مختلفة، وبالتالي تتعدد مفاهيم التلوث المائي.

الماء هو عبارة عن سائل شفاف له خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة، ومن خصائصه أنه عديم الطعم واللون والرائحة، وفيما إذا حدث تغير في هذه الخصائص فهذا يعني أن الماء قد تعرض لعملية تلوث، أدت إلى تغيير مكوناته وخصائصة الأساسية.

وبناءً على ذلك يعرف تلوث الماء بأنه تغير في الخصائص الكيميائية والفيزيائية، ويعود ذلك لأسباب طبيعية أو إنسانية، مما يجعل الماء غير صالح للشرب، أو لري المزروعات أو الصناعة، كما يمكن تعريف تلوث الماء بأنها دخول مواد سامة إلى التجمعات المائية كالمياه الجوفية أو السطحية، والبحيرات والجداول والأنهار والمحيطات، حيث تحتوي هذه المواد على الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، والنفايات العضوية، والمركبات الكيميائية السامة، والنشاط الإشعاعي الذي يشكل المواد المشعة.

– فيمكن تعريفه بأنه إحداث تلف أو فساد لنوعية المياه، مما يؤدي إلى حدوث خلل في نظامها البيئي، مما يقلل من قدرتها على أداء دورها الطبيعي ويجعلها مؤذية عند استعمالها، أو يفقدها الكثير من قيمتها الاقتصادية، وبصفة خاصة ما يتعلق بموارده السمكية وغيرها من الكائنات المائية.

– كذلك يعرف التلوث المائي بأنه تدنيس لمجاري الأنهار والمحيطات والبحيرات، بالإضافة إلى مياه الأمطار والآبار والمياه الجوفية، مما يجعل مياهها غير معالجة وغير قابلة للاستخدام، سواء للإنسان أو الحيوان أو النبات وسائر الكائنات المائية.

– نفوق الأسماك في المجاري المائية أحد نتائج التلوث المائي.

يعتبر المجرى المائي ملوثًا عندما يتغير تركيب مياهه أو حالتها بشكل مباشر أو غير مباشر؛ نتيجة عمل الإنسان، وبالتالي تصبح مياهه أقل صلاحية للاستعمالات في وضع حالتها الطبيعية.

– والتلوث المائي أيضًا هو كل تغيير الصفات الطبيعية في الماء، من خلال إضافة مواد غريبة تسبب تعكيره أو تكسبه رائحة أو لونًا أو طعمًا، وقد تكون الميكروبات مصدرًا للتلوث، مما يجعله مصدرًا للمضايقة أو للإضرار بالاستعمالات المشروعة للحياة.

– وتحتوي المياه الملوثة على مواد غريبة عن مكونها الطبيعي، قد تكون صلبة ذائبة أو عالقة، أو مواد عضوية أو غير عضوية ذائبة، أو مواد دقيقية مثل البكتيريا أو الطحالب أو الطفيليات، مما يؤدي إلى تغيير خواصه الطبيعية أو الكيميائية أو الأحيائية، مما يجعل الماء غير مناسب للشرب أو الاستهلاك المنزلي، كذلك لا يصلح استخدامه في الزراعة أو الصناعة.

أنواع التلوث المائي:

يمكن تصنيف التلوث المائي إلى:

تلوث طبيعي:

ويقصد به التلوث الذي يغير من الخصائص الطبيعية للماء، فيجعله غير مستساغ للاستعمال الآدمي، وذلك عن طريق تغير درجة حرارته أو

ملوحته، أو ازدياد المواد العالقة به، سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي. وينتج ازدياد ملوحة الماء في الغالب لازدياد كمية البخر لماء البحيرة أو النهر، خصوصًا في الأماكن الجافة دون تجديد لها، ويؤدي ذلك أيضًا لاكتسابه الرائحة الكريهة أو تغير لونه أو مذاقه.

تلوث كيميائي:

يعتبر التلوث الكيميائي للماء واحد من أهم وأخطر المشاكل التي تواجه الإنسان المعاصر، حيث يصبح للماء بسببه –أي الإنسان– تأثيرًا سامًا؛ نتيجة وجود مواد كيميائية خطرة فيه، مثل مركبات الرصاص والزئبق والكاديوم والزرنيخ، والمبيدات الحشرية. والتي يمكن تقسيمها إلى نوع قابل للانحلال، ونوع آخر قابل للتراكم والتجمع في الكائنات الحية التي تعيش في الماء، مما يمثل خطرًا كبيرًا عليها، كذلك على متناول الأسماك بسبب تلوثها.

تلويث المسطحات المائية بالصرف الصحي:

أصبحت قضية التخلص من مياه الصرف الصحي (المجاري) من أكبر المشكلات التي تواجه العالم بأسره، لما يترتب على ذلك من أخطار صحية واقتصادية جمة، فهذا النوع من المياه الملوثة يشتمل على العديد من الملوثات الخطرة، سواء كانت عضوية أو مواد كيماوية (كالصابون والمنظفات الصناعية)، وبعض أنواع البكتيريا والميكروبات الضارة، إضافة إلى المعادن الثقيلة السامة والمواد الكربوهيدراتية.

تحتوي مياه الصرف الصحي على بكتيريا كثيرة جدًا تسبب أمراضًا عديدة، فمثلًا في الجرام الواحد من مخرجات الجسم (عرق أو بول أو براز) يحتوي على ١٠ مليون فيروس، بالإضافة إلى مليون من البكتيريا. مثال ذلك بكتيريا السالمونيلا، التي تؤدي إلى الإصابة بمرض حمى التيفود والنزلات المعوية. وتسبب بكتيريا الشيجلا أمراض الإسهال، كما تسبب بكتيريا الاسشيرشيا كولاي القيء والإسهال، وقد تؤدي إلى الجفاف خاصةً عند الأطفال، أما بكتيريا اللبتوسبيرا فيترتب عليها أمراض التهابات الكبد والكلى والجهاز العصبي المركزي، أما بكتيريا الفيبريو فتسبب مرض الكوليرا.

وتسبب تلك أنواع البكتيريا وغيرها الأمراض المختلفة نتيجة للتعامل مع المياه الملوثة بالصرف الصحي، سواء بالشرب أو الاستحمام أو حتى تناول الأسماك التي تم اصطيادها من هذه المياه، عوضًا عن الإقامة بالقرب من المسطحات المائية الملوثة، فإنه يمكن الإشارة إلى أمراض شلل الأطفال والحمى الصفراء والجرب والملاريا.

الملوثات النفطية:

تعتبر الملوثات النفطية من أكبر مصادر التلوث المائي انتشارا وتأثيرًا رغم حداثتها، ويحدث التلوث بالنفط عندما تتسرب المواد النفطية إلى المسطحات المائية خاصةً البحرية منها، والتي لم تقتصر على المناطق

الساحلية فقط، بل تمتد لتصل إلى سطح مياه المحيطات وطبقات المياه العميقة.

تتعدد أسباب التلوث النفطي للمياه، لتتضمن حوادث ناقلات النفط ومنتجاته، وحوادث استخراج النفط من الآبار البحرية، خاصةً أثناء عملية فصل الماء عن الزيت فصلًا كاملًا، أو نتيجة تسرب النفط من الآبار المجاورة للشواطئ البحرية، أو بسبب تلف أنابيب نقل النفط من آباره البحرية للشواطئ، وأيضًا حوادث إلقاء النفايات والمخلفات النفطية في البحر من ناقلات النفط أثناء سيرها؛ خاصةً تلك المخلوطة بالمياه التي استخدمت في غسيل خزاناتها؛ وخاصةً تلك المصاحبة لتفريغ مياه توازن السفن، أو غرق الناقلات النفطية المحملة بالنفط أو اصطدامها بالسفن الأخرى.

يحدث التلوث بالنفط كذلك عند التدمير العمدي لآبار النفط البرية والبحرية، كما في حربي الخليج الأولى والثانية، مما أدى لتلوث مياه الخليج العربي بالبترول، وقد دلت دراسات أن التلوث بالنفط في الخليج يبلغ أكثر من ٤٧ مرة التلوث على المستوى العالمي بالنسبة إلى وحدة المساحة، ويأتي ٧٧٪ من التلوث من عمليات الإنتاج البحري والناقلات.

ومن أضرار التلوث النفطي نجد الآتي:

- للنفط تأثير سام على الكائنات البحرية عندما تمتصه، فتتجمع المواد الهيدروكربونية المكونة للنفط في الأنسجة الدهنية وبنكرياس الأسماك

وكبدها، والتي تقتل بدورها الإنسان بعد إصابته بالسرطان. كما تؤثر سلبًا على اللا فقاريات والعوالق والمحار والثدييات والطيور البحرية والشعاب المرجانية.

– يمتد تأثير التلوث السلبي على المنتجات السياحية الشاطئية.

– تزداد كلفة الحد من التأثيرات السلبية للنفط، أو ما تدفعه الشركات الملاحية من تعويضات نتيجة للتلوث.

المخلفات الزراعية:

المخلفات الزراعية هي الأسمدة والمبيدات التي يجري تصريفها إلى المجاري المائية إذا ما تركت دون تدوير، والتي تؤدي إلى تلويث المياه بالأحماض والقلويات والأصباغ والمركبات الهيدروكربونية، والأملاح السامة والدهون والدم والبكتيريا، وبالتالي يضم هذا النوع من المخلفات خليطًا من الملوثات الكيميائية والمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية.

تلوث الماء بالمبيدات:

تستخدم المبيدات الحشرية في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الآفات والحشرات، وبصفة عامة يؤدي استخدام المبيدات إلى اختلال التوازن البيئي، من خلال تلويث عناصر البيئة المختلفة من تربة وماء ونبات وحيوان، بشكل يصعب إعادة توازنها. وتشمل المواقع المعرضة للتلوث بالمبيدات، عن طريق المياه الجوفية والآبار والينابيع والأنهار

والبحيرات والخزانات المائية والبرك. وتتلوث مياه الشرب بالمبيدات بأكثر من وسيلة، منها الانتقال العرضي من المناطق المجاورة أثناء عملية الرش، أو من جراء التسرب من الأراضي التي تتعامل مع مبيدات بالتزامن مع حركة الماء، أو يحدث التلوث المباشر باستخدام المبيدات في القضاء على نبات ورد النيل مثلًا، الذي ينتشر على صفحة نهر النيل في مصر. وبالتالي تمثل مخلفات المبيدات مشكلة خطيرة سواء بالنسبة لصحة الإنسان، من حيث تأثيره على الجهاز التنفسي والجلد والعين، أو باعتباره مهلك للأسماك وضار بالزراعات، خاصةً نبات القطن عند ريه بمياه تم التعامل معها بتلك المبيدات في حالة القضاء على ورد النيل مثلًا، كما أنه ضار بالحيوانات المنتجة للبن عند شربها لمياه ملوثة.

– هناك تأثيرات صحية ضارة للمبيدات المذابة في المياه التي قد تنتقل إلى التربة وينتج عنها زراعة نباتات ملوثة، أو نتيجة تناول الحيوانات لنباتات تمت سقايتها بالماء الملوث، أو شربها من الماء الملوث مباشرةً، وهي:

– ظهور أعراض مظاهر الحساسية الصدرية والربو وتصلب الشرايين، وظهور أعراض السرطان.

– تضخم الكبد، وظهور الأمراض الجلدية وأمراض العيون، وحدوث اضطرابات في المعدة.

– فقدان الذاكرة ومظاهر التبلد والخمول.

– تدمير العناصر الوراثية في الخلايا، وتكوين أجنة مشوهة.

ورغم المآسي التي تحيط بالتعامل مع المبيدات، إلا أنه لا يمكن الاستغناء عنها كلية؛ لأن ذلك يعني انتشار الحشرات والآفات بصورة مخيفة. ويمكن الامتناع عن استخدام بعض المبيدات لأكثر من ١٠ سنوات في بعض الأراضي، إلا أن أي نبات يزرع في هذه الأراضي ما زال يحتوي على بقايا هذه المبيدات.

التلوث المائي بالمخصبات الزراعية:

أما بالنسبة للتلوث المائي بالمخصبات الزراعية، سواء كانت آزوتية أو فوسفاتية أو بوتاسية، والتي يتزايد استخدامها نظرًا لمحدودية التربة الصالحة للزراعة، والاتجاه نحو التوسع في الزراعة الكثيفة لزيادة إنتاجية الزراعة من الغذاء مع النمو المضطرد للسكان. فمثلًا ينشأ التلوث المائي بالمخصبات الزراعية في حال استخدامها بطريقة غير محسوبة، مما يؤدي إلى زيادتها عن حاجة النبات، فتذوب في مياه الري التي يتم التخلص منها في المصارف، أو تتراكم بمرور الزمن لتصل إلى المياه الجوفية التي ترتفع فيها نسبة مركبات النترات والفوسفات، كما تلعب الأمطار دورًا في حمل ما تبقى منها في التربة ونقلها إلى المجاري المائية المجاورة.

تعد المركبات الفوسفاتية من أهم الملوثات المائية، حيث يترتب على زيادة نسبتها في المياه إلى الإضرار بحياة كثير من الكائنات الحية التي تعيش في المياه، وينجم عن الإفراط في المركبات الفوسفاتية آثارًا ضارة، منها:

يتصف هذا النوع من المخصبات بثباته الكيميائي، يبحث يجعله يستمر في التربة لفترة طويلة، فالنباتات والمحاصيل لا تستطيع أن تمتص كل ما يضاف منها إلى التربة، فضلًا عما تتصف به من سمية يجعل من المغالاة في استخدامها ضررًا على كل من يتعامل من المياه شربًا وزراعة (الإنسان والحيوان)، مما يستوجب عدم زيادة مركبات الفوسفات في مياه الشرب عن حدود معينة تقررها السلطات المحلية المعنية بالأمر.

تعمل المركبات الفوسفاتية على النمو الزائد للطحالب وبعض النباتات المائية في المسطحات المائية المغلقة كالبحيرات، والتي تستقبل –في أغلب الأحيان– مياه الصرف الصحي، حتى تصل لحالة تشبع غذائي يؤدي بمرور الزمن إلى خلوها من الأكسجين، وبالتالي القضاء على ما بها من أسماك وكائنات بحرية أخرى.

تسهم مياه الصرف الزراعي ومياه الأمطار والمياه الجوفية بنسبة مركبات فوسفورية إلى المجاري المائية، تفوق بكثير تلك التي تحملها مياه الصرف الصحي والملوثات الصناعية.

أما التلوث المائي بمركبات النترات يعتبر من أكبر وأخطر مشكلات التلوث في العالم، ويأخذ أحد عدة أشكال:

يؤدي الإسراف في استخدام الحمضيات النيتروجينية في التربة إلى زيادة تركيزها في المجاري المائية لوجود فائض عن حاجة النباتات، وتتسرب

مع مرور الوقت إلى المياه الجوفية، أو تجرفها مياه الأمطار معها إلى المجاري المائية التي يستخدمها الإنسان.

وجود نسبة عالية من النترات في عديد من النباتات التي تستخدم في تحضير طعام الإنسان.

نباتات مختارة	النيترات ملج/كجم	النيتريت ملج/كجم
البنجر	٢١٣٤	٣.٣
الجزر	١٨٣	١.٥
الخس	١٣٦١	٨.٧
الخيار	١٥٦	٨.٠
السبانخ	٤٤٢	٣.٢
الفاصولياء الخضراء	١٥٣	٥.٣
الفجل	٢٦٠٠	٧.٣
الكرفس	١٣٢١	٠.٧
الكرنب	٣٣٠	٢.٣

التوسع في استخدام مركبات النترات والنيتريت كمادة حافظة، سواء في المعلبات الغذائية، أو في بعض أنواع اللحوم المملحة والمحفوظة، انطلاقًا مما تتصف به من خواص مضادة للجراثيم، وإضافتها لونًا خاصًا ورائحة مميزة.

التلوث المائي بالمخلفات الصناعية:

يقصد بالمخلفات الصناعية كافة المخلفات المتخلفة عن الأنشطة الصناعية، خاصةً الصناعات الكيميائية والتعدين والتصنيع الغذائي. وتمثل مخلفات الصناعة خطرًا حقيقيًا على كافة عناصر البيئة الذي يعد الماء أهم عناصره، وقد ظهر هذا النوع من التلوث بوضوح في سبعينات القرن العشرين. وتعتبر كل من الصناعات التحويلية والصناعات التعدينية المصدرين الرئيسيين لملوثات المياه، بالفلزات الثقيلة والكيماويات والمنظفات الصناعية. فالمياه تستخدم في الصناعة بصفة رئيسية في تبريد وتنظيف الآلات ومعالجة المواد الخام أو الطعام وغيرها من العمليات التصنيعية المختلفة، مما ينجم عنه تلويث المياه بمستويات متباينة، ويتم تصريف كميات هائلة من المياه الصناعية يوميًا.

يمثل التلوث بالصناعات التعدينية ذات العلاقة بإنتاج الفلزات الثقيلة (كالزئبق والرصاص والكاديوم والزنك) مشكلة كبرى؛ نظرًا لقدرتها على التراكم في الأنسجة الحية، خاصةً الزئبق الذي يعد أكثرها انتشارا وأشدها سمية وقدرة على التراكم بالأنسجة، فضلًا عن دورها في استهلاك قدر كبير من الأكسجين، يزيد ٤ أمثال ما تستهلكه مخلفات الصرف الصحي، وهذا بدوره يؤدي لمزيد من قتل الكائنات الحية بالمياه التي تلقى فيها هذه المخلفات.

أسوة بالفلزات الثقيلة، تسهم عديد من الصناعات التحويلية الأخرى في التلوث المائي، مثل الصناعات الكيميائية وعامل تكرير النفط، والصناعات الدوائية وصناعة الحديد والصلب، والصناعات الورقية والصناعات الغذائية، بجانب محطات توليد الكهرباء. وما يترتب على ذلك من الإضرار بسلسلة الغذاء، من خلال إصابة الأحياء المائية من الأسماك والثدييات المائية بالسرطان، الذي بدوره ينتقل إلى الإنسان، فضلًا عن التأثير السلبي لهذا التلوث على إنتاجية المسطحات المائية من الأسماك. وبصفة عامة تتضح سلبيات التلوث المائي بمخلفات الصناعات التحويلية في الدول المتقدمة أكثر من الدول النامية، وخاصةً الصناعات التعدينية، بالإضافة إلى المناطق المتقدمة صناعيًا مثل دول شرق آسيا.

كذلك يؤدي إلقاء المواد بلاستيكية في المسطحات المائية إلى قتل الأسماك والطيور والثدييات البحرية، أو إلحاق ضرر بها. فصغار السلاحف البحرية – على سبيل المثال– تلتهم الأكياس البلاستيكية العائمة ظنًا منها إنها قناديل البحر التي تشكل وجبات لذيذة لها، ومن ثم تموت نتيجة انسداد أمعائها بهذه الأكياس التي لا تهضم. كما أن الطيور البحرية تصطدم –عن طريق الخطأ– بالخيوط البلاستيكية المستعملة في أدوات صيد الأسماك، مما يتسبب في موتها شنقًا.

إجراءات وقاية المياه من التلوث:

يظل تلوث المياه العذبة مسببًا رئيسيًا للأمراض والوفاة في معظم دول العالم النامية، ويأخذ الأشكال التالية:

- استنزاف كميات كبيرة من الأكسجين الذائب في الماء، نتيجة ما يخلط من صرف صحي وزراعي وصناعي، مما يؤدي إلى تناقص أعداد الأحياء المائية.

- تؤدي زيادة نسبة المواد الكيميائية في المياه إلى تسمم الأحياء، فتكاد تخلو أنهار من مظاهر الحياة بسبب ارتفاع تركيز الملوثات الكيميائية فيها.

- ازدهار ونمو البكتيريا والطفيليات والأحياء الدقيقة في المياه، مما يقلل من قيمتها كمصدر للشرب أو للري أو حتى للسباحة والترفيه.

- قلة الضوء الذي يخترق المياه لطوف الملوثات على سطح المياه، والضوء يعتبر ضروريًا لنمو الأحياء النباتية المائية كالطحالب والعوالق.

وللحفاظ على المياه الطبيعة يجب سن الكثير من القوانين والتشريعات الحازمة؛ لمحاولة الحد من تلوث المياه، بجانب بناء الحكومات محطات لتنقية المياه ومعالجتها من المخلفات والنفايات، كذلك وضع حد أعلى لتركيز الملوثات في المياه ليضمن حدًا أدنى لسلامة المياه. كل هذا

بجانب التوعية في وسائل الإعلام المختلفة وشبكة المعلومات الدولية وفي دور العبادة بأهمية المحافظة على المياه.

ومن بعض الحلول الأخرى لمعالجة هذا التلوث:

- سرعة معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها للتربة أو للمسطحات المائية الأخرى، والتي يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى في ري الأراضي الزراعية، لكن بدون تلوث للتربة والنباتات التي يأكلها الإنسان والحيوان.

- التخلص من نشاط النقل البحري، وما حدث من تسرب للنفط في مياه البحار أو الأنهار الملاحية من خلال الحرق أو الشفط.

- محاولة دفن النفايات المشعة في بعض الصحارى المحددة؛ لأنها تتسرب وتهدد سلامة المياه الجوفية.

- فرض احتياطات أمنية على نطاق واسع؛ من أجل المحافظة على سلامة المياه الجوفية كمصدر آمن من مصادر مياه الشرب، وذلك بمنع الزراعة أو البناء أو قيام أي نشاط صناعي قد يضر بسلامة المياه.

- محاولة إعادة تدوير بعض نفايات المصانع بدلًا من إلقائها في المصارف ووصولها إلى المياه الجوفية بالمثل طالما لا يوجد ضرر من إعادة استخدامها مرة أخرى.

- التحليل الدوري الكيميائي والحيوي للماء بواسطة مختبرات متخصصة، لضمان المعايير التي تتحقق بها جودة المياه وعدم تلوثها.

- الحد من تلوث الهواء الذي يسهم في تلوث مياه الأمطار، وتحولها إلى ماء حمضي يثير الكثير من المشاكل المتداخلة.

- توافر الوعي البشري الذي يؤمن بضرورة محافظته على المياه من التلوث.

تلوث مياه البحر

تعد مياه البحر من المياه المالحة، حيث تحتوي على ما نسبته ٢.٥-٤٪ من المواد الصلبة المذابة، وهي لا تعد مياهًا ملوثة؛ لأن ملوحتها طبيعية وغير ناتجة عن مواد كيميائية، لكن هذه الملوحة تجعل من استخدام مياه البحر عائقًا في العديد من المجالات، ولذلك فقد ابتكرت بعض الطرق التي تعمل على معالجة مياه البحر؛ وذلك لإزالة نسبة الملوحة الموجودة فيها واستخدامها لأغراض أخرى. ولكن مع الأسف هنالك العديد من الملوثات التي تؤثر في هذه المياه، فهي تعد مكانًا مناسبًا بالنسبة للمصانع لإلقاء النفايات فيها، كما أن الصرف الصناعي والزراعي سينتهي به المطاف في البحر، مما يدمر البيئة البحرية والكائنات البحرية الموجودة في البحر، كما أن هذه الملوثات تقضي على الطحالب المسؤولة عن إنتاج الأكسجين في عملية البناء الضوئي.

أسباب تلوث مياه البحر

- تسرب مياه الصرف الصحي في مياه البحر:

هنالك العديد من المدن الساحلية التي تعمل على تصريف مياه الصرف الصحي في البحر، فالأنابيب التي تنقل مياه الصرف المعالج، والتي تمتاز بحجمها الكبير وامتدادها على مسافات طويلة حيث ممكن أن تصل إلى ١٢ كيلو متر أو أكثر من ذلك، فعند خروج مياه الصرف الصحي من الأنبوب فإنها تشكل عمودًا عاليًا، نظرًا لقلة كثافتها وشدة دفئها مقارنة بمياه البحر، حيث يشكل عمود الصرف الصحي عند وصوله للسطح فقاعة كبيرة الحجم، تتحرك باتجاه التيارات السطحية، حيث تعمل التيارات على حمل الفقاعات المتكونة من الفضلات لتكون غيمة من مياه الصرف الصحي، تشبه في شكلها السحابة الناتجة عن الحريق، ولكن ما يحدث في بعض الأوقات وللأسف هو قدوم هذه السحابة إلى الشاطئ المستخدم للسباحة والترفيه، ولذلك يجب منع استخدام الشواطئ بسبب زيادة نسبة بكتيريا الكوليفورم.

- انسكابات الزيت:

تعد تسربات الزيت لمياه البحر من أهم الأسباب التي تعمل على تلوث البحر، حيث ينسكب الزيت عن طريق الناقلات النفطية، والتدفقات التي تخرج من الآبار النفطية، حيث تسبب موت الطيور التي تقترب من سطح الماء لالتقاط غذائها من الكائنات البحرية، وقد ينتقل

الزيت إلى اليابسة بفعل المد والجزر، فعند انتقاله للشاطئ يسبب الضرر الأكبر لجميع الكائنات البحرية وكذلك للإنسان، حيث تشكل هذه الملوثات عائقًا أمام رفاهية الناس.

ويحدث هذا التلوث لعدة أسباب منها تنظيف خزانات النفط وسكب المياه الملوثة في البحر، أو بسبب حوادث غرق الناقلات النفطية الذي تكرر بشكل سنوي، كما أن عمليات البحث عن البترول قد تؤدي إلى تدفقه بشكل مفاجئ إلى البحار. ومن إحدى الحوادث التي حصلت في الولايات المتحدة الأمريكية هي ظهور بقعة ضخمة من الزيت على شواطئ كاليفورنيا حيث قدر طولها بحوالي ٨٠٠ ميل على سطح المحيط الهادئ، مما أدى إلى كارثة بيئية ونفوق أعداد لا تحصى من الطيور، والأسماك والحيتان، والكائنات البحرية الأخرى.

أسباب تلوث المياه الجوفية

تعريف المياه الجوفية:

المياه الجوفية: هي المياه التي توجد في باطن الأرض وفي نطاق الصخور والتربة المشبعة بالماء، ويمثل هذا النطاق خزانًا طبيعيًا هائلًا يمتص ويخزن مياه الأمطار الساقطة في الأوقات الرطبة، ويصرفها ببطء في الأوقات الجافة. تمثل مياه الأمطار والثلوج الذائبة المصدر الأساسي والرئيسي للمياه الجوفية في باطن الأرض، وتعتبر المياه الجوفية مصدرًا شائعًا للمياه في المنازل الفردية، والمدن الصغيرة، ومياه الآبار، والمياه التي تخرج على هيئة ينابيع. ويوجد ما يقرب من ٩٨٪ من المياه العذبة السائلة كمياه جوفية، حيث تتشكل المياه الجوفية في أعماق الأرض نتيجة تسرب مياه الأمطار ببطء عبر طبقات واسعة من التربة التي يسهل اختراقها وصخور تسمى طبقات المياه الجوفية، ويتم سحب المياه من طبقة المياه الجوفية عن طريق ضخها من بئر أو خزان جوفي، ويتم إنشاء الآبار بعدة طرق، اعتمادًا على عمق وطبيعة طبقة المياه الجوفية، حيث يجب أن تخترق الآبار المستخدمة في إمدادات المياه العامة (التي يزيد عمقها عادة عن ٣٠ مترًا وقطرها يتراوح بين ١٠ إلى ٣٠ سم) طبقات المياه الجوفية الكبيرة، التي يمكن أن توفر عوائد يمكن الاعتماد عليها لمياه ذات نوعية جيدة. كما يتم حفر هذه الآبار باستخدام تقنيات حديثة للحفر، وعادة ما تكون الأدوات مبطنة بأنبوب معدني أو غلاف لمنع التلوث، ويمكن استخدام المضخة الغاطسة التي يقودها محرك كهربائي لرفع المياه إلى السطح.

أسباب تلوث المياه الجوفية:

تتأثر المياه الجوفية بالأنشطة السطحية المختلفة والتي قد تؤدي إلى تلوثها بناءً على مكان وجودها، حيث تزداد قابلية المياه الجوفية للتلوث إذا وجد الخزان الجوفي بشكل حر، وبالقرب من مستوى المياه على سطح الأرض، وفي حال وجود الخزان الجوفي في منطقة صخرية مشققة أو ذات مكونات حصوية منتظمة الحبيبات وذات نفاذية عالية. في حين تقل قابليتها للتلوث في حال وجود الخزان الجوفي على عمق كبير، حيث يعمل الجزء غير المشبع بالمياه على التقليل من تركيز وقدرة الملوثات على الترسب، وتقل قابلية المياه الجوفية للتلوث أيضًا إذا وجد الخزان الجوفي أسفل طبقة طينية سطحية، ووجود المياه في الخزان تحت ضغط هيدروليكي. وفيما يأتي نذكر أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية:

الأنشطة الزراعية:

تمثل الأنشطة الزراعية إضافة المبيدات الحشرية والأسمدة وعمليات غسيل التربة والتبخر، حيث تؤدي هذه الأنشطة إلى ظهور العديد من الملوثات مثل المبيدات والأملاح الذائبة.

الأنشطة البشرية:

تؤدي الأنشطة البشرية في بعض الأحيان إلى تلوث المياه الجوفية، نتيجة تسرب الفضلات العضوية من شبكات الصرف الصحي أو خزانات التجميع الأرضية والحفر الامتصاصية، التي توجد بكثرة في القرى البعيدة عن وسائل الخدمات وشبكات الصرف الصحي، حيث تحتوي الفضلات العضوية بنسب متفاوتة على مركبات النيتروجين (أمونيا أو نيتروجين عضوي).

الأنشطة الصناعية:

تمثل الأنشطة الصناعية المصدر الأكثر خطرًا لتلوث المياه الجوفية، ويعتمد مدى تأثيرها على نوع الصناعة وطريقة التخلص من الناتج عنها. وبطبيعة الحال، معظم المصانع لا تتخلص من فضلاتها ومخلفاتها في باطن الأرض مباشرة، لكنها قد تتخلص منها في مياه الأنهار أو البحار مما يؤدي إلى تلوثها، ويحدث تسرب للعناصر الثقيلة مثل الرصاص والزنك والكروم، إلى الخزان الجوفي وبالتالي يحدث تلوث للمياه الجوفية.

السحب الجائر للمياه الجوفية:

يؤدي السحب الجائر للمياه الجوفية إلى تلوث خزان المياه الجوفية عن طريق ارتفاع درجة ملوحة المياه، وخاصةً إذا تم السحب من خزانات

المياه الجوفية القريبة من المكونات الجيولوجية الحاملة لمياه عالية الملوحة، مثل الصخور الجيرية أو القريبة من ساحل البحر.

الحد من تلوث المياه الجوفية :

يمكن التقليل والحد من خطر تلوث المياه الجوفية باتباع الطرق والأساليب الآتية:

- إقامة شبكات صرف زراعي ذات بنية تحتية جيدة.

- الحد من استخدام المبيدات الضارة التي تؤدي إلى تلوث البيئة والمياه الجوفية، واستخدام أنواع غير ملوثة وصديقة للبيئة.

- الحد من أساليب السحب الجائر للمياه الجوفية عن طريق استنباط أصناف نباتات مقاومة للجفاف باستخدام طرق التربية التقليدية أو الهندسة الوراثية، في حال استخراج المياه الجوفية للزراعة.

- حماية المياه الجوفية من ارتفاع درجة ملوحتها بسبب السحب الجائر وغير المنتظم؛ نتيجة لوجود المياه الجوفية فوق مياه ذات ملوحة عالية، أو نتيجة لتداخل واختلاط مياه البحر مع المياه الجوفية.

- حفر الآبار بأعماق آمنة مع ضرورة تنظيم معدلات السحب من تلك الآبار.

- الحد من وجود خزانات التجميع الأرضية والحفر الامتصاصية، عبر مد شبكات الصرف الصحي للمناطق النائية والقرى المفتقرة لهذه الخدمة.

- تزويد الآبار بمياه نظيفة حتى يتم تحريك التلوث في منطقة بعيدة عن مواقع الآبار.

- الحد من استخدام الأسمدة، واستخدام كميات مياه أقل لري المزروعات.

استنزاف المياه الجوفية:

جاء في إحدى الدراسات حقيقة مفادها أن ١.٧ مليار شخص في العالم يعيشون في مناطق تتعرض فيها المياه الجوفية لخطر الاستنزاف أو الاستغلال المفرط. ومن أهم هذه المناطق شمال وجنوب الجزيرة العربية ومنطقة الدلتا في مصر.

كما أكدت دراسات أخرى على خطر الاستنزاف البشري للمياه الجوفية، والذي يطال ثلث المخزون العالمي للمياه الجوفية، لا سيما المياه الجوفية في المنطقة العربية، حيث صنف العلماء ١٣ خزانًا جوفيًا من أصل ٣٧ خزانًا، بأنه خزان (فائق الإجهاد)، أي أن كمية السحب أكبر بكثير من كمية التجدد الطبيعي لهذا الخزان، مما سيؤدي في النهاية إلى جفاف الخزان. وتمتد طبقة المياه الجوفية العربية (الأعلى إجهادًا حول العالم)

لتشمل المملكة العربية السعودية والإمارات والكويت، وعمان واليمن والأردن، ويبلغ معدل نضوب المياه الجوفية منها ١٠ ملليترات سنويًا بلا أي تعويض مماثل.

أسباب تلوث مياه النيل

تلوث منابع النيل:

تختلف مظاهر تلوث مياه نهر النيل نسبيًا بين دولة وأخرى من الدول التي يمر بها، سواء كانت دول المنبع أم دولتي المصب، بالنسبة لدولة إثيوبيا فإن مياه الأمطار الموسمية تمثل ٨٠٪ تقريبًا من مياهها كل عام، حيث تبدأ الأمطار الغزيرة في الهطول من شهر يوليو وحتى شهر سبتمبر من كل عام، ما يؤدي إلى ظهور المستنقعات، وعلى الرغم من ضعف الإمكانيات والخدمات لدى السكان، فإن تذبذب معدلات هطول الأمطار تؤدي إلى تأزم الوضع في الكثير من الأحيان، حيث يمكن أن تؤدي السدود إلى منع الطمي والرسوبيات إلى الأراضي الزراعية، وبذلك يفقدون الكثير من قيمتها، مما أدى إلى التوسع العمراني على ضفاف النهر في المجتمعات الريفية بالأساس على حساب الأراضي الزراعية، وبالتالي تلوث المياه نتيجة الصرف الصحي للتجمعات الجديدة، كما يمكن أن تؤدي النزاعات على المياه على حالة النهر كذلك، خاصة مع التوترات بين دول المصب وإثيوبيا؛ بسبب الأنشطة التي تقوم بها على النهر والتي ترى دول المصب، وخاصة مصر أنها تمثل تهديد لأمنها المائي.

تلوث المصب:

تلوث مياه نهر النيل أثناء مروره بدولتي المصب أمر بالغ الخطورة؛ لأن تلك المياه تمثل المصدر الوحيد للسكان لممارسة الأنشطة الحياتية

الاقتصادية والخاصة، كما أن ذلك التلوث ينتقل بالتالي إلى مصب النهر في البحر المتوسط، ويسبب تدمير النظام الإحيائي في شواطئه، إن تلوث نهر النيل في منطقة المصب ناتج عن إلقاء النفايات في مجراه، إلى جانب تسرب مياه الصرف الصحي، وتصريف النفايات الصناعية الخطرة في مجرى النهر، مما يرفع نسبة المعادن الخطرة على صحة الإنسان والحيوان والنبات، وتشهد مصر حالات تسمم الأسماك بسبب ارتفاع مستويات الأمونيا في المياه، كما تتأثر طبيعة الإنتاج الزراعي بسبب استخدام المياه غير المعالجة في الري، والملوثة بالبقايا العضوية، خاصة في دلتا النهر، حيث ترتفع معدلات التلوث إلى درجة تنذر بالخطر على مصير الأجيال القادمة.

سلوكيات السكان:

تعامل السكان المتاخمين لمجرى نهر النيل مع النهر في العديد من المناطق خطير للغاية، حيث يستخدم النهر في كافة الأغراض تقريبًا، وذلك لتدني جودة المرافق العامة التي تقدمها الدول، فمن الطبيعي أن يستخدم النهر في الاستحمام والتنظيف للملابس والأدوات، وربما التخلص من النفايات كذلك بحجة أن المجرى سيأخذها بعيدًا، كما أن العديد من السكان يعيشون بالقرب من المناطق التي تستخدم كمنفذ للنفايات الصناعية، ويرجع المراقبون الأسباب التي تؤدي إلى تفاقم الأزمة إلى عدم وجود قوانين رادعة لمنع التلوث، حيث تفرض مصر ما يوازي خمسة وعشرين دولارًا غرامة على ملوثي المياه بإلقاء النفايات، سواء أفرادًا أم مصانع.

حلول لتلوث الماء

تلوث الماء:

يعاني العالم من مشكلة تلوث مصادر المياه، مما يؤثر بشكل كبير على حياة الفرد والمجتمع؛ وذلك لأن توفر المياه من الحاجات الملحة لبقاء الإنسان وجميع الكائنات الحية على وجه الأرض، حيث إن تلوثها قد يكون السبب الرئيسي في إنهاء الحياة على كوكب الأرض، ويعرف تلوث المياه على أنه أي تغير كيميائي، أو فيزيائي، في نوعية المياه، سواء كان ذلك بطريقة مباشرة، أو غير مباشرة، مما يجعلها غير صالحة للاستعمالات المطلوبة.

حلول تلوث الماء

حلول علاجية:

- معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها إلى المسطحات المائية، ومن الممكن الاستفادة من هذه المياه في العديد من الأغراض مثل مشاريع الري للأراضي الزراعية.

- التخلص من النفط العائم على وجه المسطحات المائية، بطرق عدة مثل الحرق أو الشفط، والعمل على تخزينها في السفن التي أعدت فيها، ولا بد من الإشارة إلى ضرورة تجنب استخدام المواد الكيميائية

قدر الإمكان؛ وذلك لتجنب إيذاء الكائنات البحرية كالأسماك، والنباتات البحرية المختلفة.

- إعادة تدوير النفايات الصالحة للاستخدام مرة أخرى، بدلًا من إلقائها في المصارف، وحلول وقائية.

- فرض الدولة للعديد من القوانين التي تسهم في المحافظة على نظافة المياه الجوفية، وذلك من خلال سن القوانين التي تمنع الزراعة، أو إنشاء الأنشطة الصناعية التي تهدد سلامة المياه الجوفية.

- العمل على إدخال التقنيات الجديدة التي تمنع التلوث في المصانع.

- التخلص من بقايا الملوثات المشعة في مناطق صحراوية بعيدًا عن التجمعات السكانية.

- التحليل المنتظم للمياه، وتوفير المختبرات المتخصصة في هذا المجال؛ وذلك لضمان جودة المياه وعدم تلوثها. التقليل من مسببات تلوث الهواء كالدخان، والغازات السامة التي بدورها تؤدي إلى تلوث مياه الأمطار أثناء نزولها.

- عقد الندوات التي تزيد من الوعي البيئي بضرورة المحافظة على المياه من التلوث.

- أسباب تلوث الماء:

- تلوث مصادر المياه كالأنهار والبحيرات بمياه الصرف الصحي، التي تحتوي على الكثير من الجراثيم والبكتيريا الضارة، التي لا تتحلل بيولوجيًا.

- مخلفات المصانع، مثل الصابون، والمنظفات، والدهانات، وتكرير البترول، والمخلفات المعدنية، والكيميائية.

- استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة في التربة، التي قد تصل إلى المياه الجوفية ومياه الأنهار عن طريق مياه الأمطار.

- ماء المطر، يمر المطر خلال رحلة وصوله إلى سطح البحر بالكثير من الملوثات الموجودة في الهواء مثل: أكسيد النيتروجين، وأكسيد الكبريت.

- تعرض ناقلات النفط للحوادث، حيث يحدث تلوث المياه بالبترول من خلال تحطم الناقلات فيه، أو من خلال محاولات البحث والتنقيب عن البترول، أو عن طريق إلقاء بعض الناقلات المارة في المسطحات المائية لبعض المخلفات، والنفايات البترولية.

- الأدوية: تحتوي المياه المستعملة في تصنيع الأدوية على نسب قليلة من المواد الضارة بصحة الإنسان والتي يصعب التخلص منها أثناء المعالجة.

- **المواد المشعة الناتجة عن مصانع الأسلحة خاصة النووية، حيث تلقي هذه المصانع مخلفاتها في المسطحات المائية، وتعد هذه الملوثات من أخطر الملوثات؛ وذلك لأن تأثيرها يستمر لآلاف السنين.**

الفصل السابع

تلوث التربة

- تعريف تلوث التربة.
- مصادر تلوث التربة.
- الملوثات الطبيعية.
- الانجراف.
- التصحر.
- الملوثات البشرية.
- التلوث بالمخلفات الصلبة.
- التلوث بالمخلفات السائلة.
- التلوث بالمبيدات.
- التلوث بالأسمدة الكيماوية.
- التلوث بالمعادن الثقيلة.
- الأمطار الحمضية.
- التلوث الإشعاعي.

تلوث التربة

وتعتبر من أبرز مشكلات البيئة وأكثرها تعقيدًا وأصعبها حلًا.

ويؤدي تلوث التربة إلى تلوث المحاصيل الزراعية، الأمر الذي يؤدي إلى الإضرار بصحة الإنسان الذي يتغذى عليها مباشرة، وعن طريق انتقال الملوثات إلى المنتجات الحيوانية كالحليب والبيض واللحم.

ومصادر تلوث التربة عديدة، منها الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي بما في ذلك الإنسان وأنشطته.

مكونات التربة:

تلعب التربة دورًا هامًا في نمو النباتات وحياتها، وتعد الأساس الذي تقوم عليه عمليات الإنتاج الزراعي والحياة الحيوانية، كما تحتوي التربة على كثير من الكائنات الحية الدقيقة، والديدان والحشرات.

وتكمن أهمية التربة في كونها وسطًا استناديًا للنباتات تنمو فيها الجذور، وعن طريقها تمتص النباتات الماء والأملاح المنحلة التي تحتاجها.

ويتوافر في التربة الشروط البيئية المختلفة من الجفاف والرطوبة والتهوية والحرارة والملوحة وغيرها، وتعد كذلك أحد المكونات الرئيسية لدورات العناصر الأساسية الطبيعية؛ وذلك لأن مكونات التربة تعتمد على مكونات الهواء والماء وتركيب الهواء يعتمد على التربة والماء وهكذا.

كما تعد التربة من أعقد الأنظمة الطبيعية؛ لأنها تؤلف نظامًا خاصًا متعدد الأطوار وغير متجانس، فهي تتكون من طور صلب وطور سائل وطور غازي.

وتعرف التربة بأنها الطبقة السطحية من الأرض، وقد تكونت خلال سلسلة من العمليات المعقدة خلال ملايين السنين.

تلوث التربة:

يعني دخول مواد غريبة في التربة أو زيادة في تركيز إحدى مكوناتها الطبيعية، الأمر الذي يؤدي إلى تغير في التركيب الكيميائي والفيزيائي للتربة، وهذه المواد يطلق عليها ملوثات التربة وقد تكون مبيدات أو أسمدة كيميائية أو أمطار حمضية أو نفايات (صناعية – منزلية – مشعة) وغيرها.

تعتبر التربة ملوثة باحتوائها على مادة أو مواد بكميات أو تركيزات على غير العادة، سواء بالزيادة أو النقصان، فتسبب خطرًا على صحة الإنسان والحيوان والنبات، أو المنشآت الهندسية على حساب الأراضي الزراعية أو المياه السطحية والجوفية.

من المكونات الحيوية للتربة نذكر: الأملاح المعدنية والمواد العضوية والكائنات الدقيقة والماء والهواء.

وتختلف نسبة الأملاح الذوابة في الماء من تربة إلى أخرى، فمن الأملاح المعدنية الشاردية الموجبة نجد أملاح الكالسيوم والصوديوم

والمغنزيوم وغيرها. ومن الشوارد السالبة الرئيسية: الفحمات الفوسفات والنترات وغيرها، المتواجدة في محلول التربة وتكون بشكل ممدد، ومن أكثر المحاليل المعدنية انتشارًا في التربة كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والألمنيوم.

وتحتوي التربة على كميات كبيرة نسبيًا من الغضار ذو الأهمية الكبيرة لنمو النباتات، حيث إن وجود الغضار يعطي التربة قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء. والتربة المتوازنة هي تلك التي تتألف من الغضار والكلس والرمل وهي أفضل الترب الملائمة للزراعة.

وتعد المادة العضوية من المكونات المهمة في التربة والتي تأتي بشكل أساسي نتيجة التفكك الجزئي للبقايا النباتية، وتحلل بقايا جثث الحيوانات، وتشكل السماد الطبيعي المفيد للتربة. وعند تواجدها في التربة تعمل على تحسين خواص التربة المختلفة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية والحيوية، وتشكل المواد العضوية في التربة المحور الأساسي لمعظم العمليات الحيوية التي تقوم بها الكائنات الحية من جراثيم وفطور في التربة، كما تعمل على ربط مكونات التربة الحبيبية وجمعها معًا، وينتج عن فقر التربة بالمواد العضوية تحولها إلى ترب صحراوية وشبه صحراوية.

وتشتمل أحياء التربة Soil Organisms على الجراثيم والفطور والأحياء الدقيقة الأخرى التي تعمل على تفكيك السليلوز والمواد المشابهة لتشكل الدبال. وهناك حيوانات التربة وحيدة الخلية الحيوانية والديدان

والحشرات وغيرها التي تعيش في التربة، التي تفيد في خلخلة التربة، مما يسهل دخول الهواء وتوزع الماء.

طبقات التربة:

يمكن تمييز ثلاث طبقات متتالية في التربة وهي:

الطبقة السطحية Surface Soil:

وهي الطبقة التي تغلف الأرض وعمقها لا يتجاوز العدة سنتيمترات، كما أنها تحتوي على المواد العضوية، وتعيش فيها معظم الكائنات الحية الدقيقة والديدان والحشرات، وهذه الطبقة معرضة للانجراف والتخريب أكثر من غيرها.

الطبقة تحت التربة Subsoil:

تقع مباشرة تحت الطبقة السطحية، وفيها قليل من الدبال والكائنات الحية الدقيقة مقارنة بالطبقة السطحية.

طبقة الصخر الأم Solid:

وهي الطبقة الأصلية التي تكونت منها التربة، وهي أقل عرضة لعوامل تكون التربة مثل الحرارة والرطوبة والرياح.

مصادر تلوث التربة:

يمكن تصنيف ملوثات التربة حسب منشئها إلى ملوثات طبيعية وملوثات بشرية، ويمكن تقسيمها حسب طبيعتها إلى ملوثات حيوية وملوثات كيميائية.

الملوثات الطبيعية:

الانجراف (بالإنجليزية: Weathering)

الانجراف هو ظاهرة طبيعية، تتمثل في تعرية وتآكل الطبقة السطحية من التربة، ونقلها بفعل العوامل المناخية وأهمها الرياح والمياه. ويمكن تقسيمه إلى انجراف هوائي (أو ريحي) وآخر مائي. وهي من أخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية، ويترتب على التعرية انجراف المواد الخصبة اللازمة لنمو النباتات. وتكمن خطورة الانجراف في سرعة حدوثه حيث يتم ذلك خلال عاصفة مطرية أو هوائية واحدة فيما نجد أن إعادة التوازن إلى التربة يتم بسرعة بطيئة جدًا ويتطلب زمنًا طويلًا. وعلى سبيل المثال فإن تشكل طبقة تربة سماكتها ١٨ سم تحتاج إلى زمن قدره ٥٠٠٠ عام، حيث إن تشكل التربة يجري بسرعة تقدر بـ ٠.٥–٢ سم لكل مئة عام، وإن تخريب هذه الطبقة التي سماكتها ٠.٥–٢ سم بسبب العواصف المطرية أو الهوائية يحتاج إلى ٢٠–٣٠ سنة، وتقدر الأراضي الزراعية التي خربت في العالم في المئة سنة الأخيرة بفعل الانجراف بأكثر من ٢٣٪ من الأراضي الزراعية.

كما أن للإنسان دورًا في زيادة انجراف التربة يتمثل في:

– تخريب وإزالة الغطاء النباتي.

– حرث التربة في أوقات غير مناسبة، مثل الفترات الجافة من العام، مما يفكك حبيبات الطبقة السطحية منها.

– الرعي الجائر وخاصة في الفترات الجافة، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل الغطاء النباتي، ويفكك التربة السطحية ويجعلها أكثر عرضة لتأثير الرياح.

التصحر (بالإنجليزية: Desertification):

التصحر يعني التدهور في النظم البيئية أي الإخلال بمكوناتها وتدهور خصائصها الحيوية، وقلة إنتاجها إلى درجة عجز هذه النظم عن توفير متطلبات الحياة الضرورية للحيوان والإنسان، بحيث ينتهي شكل الأرض الزراعية والرعوية وتميل إلى أن تكون صحراوية. وقد ينتج التصحر بسبب عوامل مناخية (مثل الجفاف وندرة الأمطار) أو بسبب ازدياد نسبة الملوحة أو زحف الرمال، أو بسبب تدخل البشر (مثل عمليات الرعي الجائر أو تحويل الأراضي إلى عمرانية أو صناعية).

الملوثات البشرية (الصناعية):

- التلوث بالمخلفات الصلبة:

إن التقدم الذي عرفته الصناعة وما تقدمه المصانع من نفايات صلبة تنتقل للتربة، فتسهم في هدم النظام البيئي، وتختلف هذه المخلفات في النتائج المترتبة على تلويثها؛ فالمخلفات الصلبة النباتية (خشب أو ورق) أو الحيوانية (عظام أو جثث) في التربة، تقوم الكائنات الدقيقة بتحليلها للحصول على الطاقة معطية المواد المعدنية التي تعود للتربة. أما المخلفات الصلبة الصناعية (حديد وألمنيوم، بلاستيك ومطاط صناعي) فهي مواد غير قابلة للتحلل بيولوجيًا، أو أن تحللها بطيء جدًا ويحتاج لمئات السنين، وبالتالي فإنها تتراكم تدريجيًا وتضر بالأنظمة البيئية.

وكذلك هناك المخلفات الصلبة الزراعية الناتجة عن كافة الأنشطة النباتية والحيوانية، ومن أهمها (إفرازات الحيوانات وجيف الحيوانات وبقايا الأعلاف ومخلفات حصاد النبات)، وعمومًا لا تشكل هذه المخلفات مشكلة بيئية إذا ما أعيدت إلى دورتها الطبيعية، مثل استعمال إفرازات الحيوانات كسماد للتربة الزراعية. وهناك المخلفات الناجمة عن الإنشاءات والبناء، وهي عبارة عن نفايات خاملة لا تسبب خطرًا على صحة الإنسان، وتنتج عن هدم وبناء المنشآت نظرًا لعدم احتوائها على مواد ضارة في البيئة، ويمكن استعمالها في عمليات الردم المختلفة وفتح الطرق العامة وتسوية المنحدرات على جوانب الطرق وغيرها، كما أن التزايد

السريع للسكان أسهم في ظهور نفايات منزلية صلبة بحاجة للتخلص منها كالزجاج والعلب المعدنية الفارغة.

طرائق التخلص من المخلفات الصلبة:

١- دفن المخلفات الصلبة ضمن التربة في حفر خاصة بعيدًا عن النطاق العمراني للمدن، ثم يتم تغطيتها بالتراب ويسوى

بعد ذلك سطح التربة. ولتجنب تأثيرات هذه الطريقة في تلوث المياه الجوفية والتربة من جراء هذا الدفن فإنه يجب اتباع عدة طرق فنية، وهذه الطريقة مستخدمة في مدينة دمشق وغيرها للتخلص من النفايات المنزلية، ولهذه الطريقة عدة عيوب.

٢- إحراق المخلفات: تقوم بعض الدول بحرق بعض المخلفات الصلبة بهدف التخلص منها، ويستفاد من الطاقة الحرارية الناتجة عن الحرق في إنتاج البخار الذي قد يستعمل في التدفئة أو في توليد الكهرباء. وتعتبر هذه الطريقة مناسبة من وجهة نظر المهتمين بالتخلص من المخلفات الصلبة، ولكنها لا تعتبر مناسبة تمامًا من وجهة نظر المهتمين بمقاومة التلوث؛ وذلك لأن إحراق هذه المخلفات يسبب تلوثًا في الجو عن طريق الغازات المنطلقة والدقائق المعلقة والدخان، ولذلك يجب أن تكون الأفران التي تحرق فيها هذه المخلفات بعيدة كل البعد عن المناطق السكنية، وبعيدة أيضًا عن مهب الرياح.

٣- جمع وإعادة استخدام المخلفات: فالنفايات الورقية يعاد تدويرها واستعمالها كمصدر للصناعة، أما المواد الزجاجية فتستخدم كمواد أولية لصناعة الزجاج، والعلب المعدنية الفارغة يعاد تصنيعها مرة ثانية، وغيرها من المخلفات الزراعية والبلاستيكية. وتساعد هذه الطريقة على التخلص من جزء كبير من مخلفات المدن بجانب أن لها بعض القيم الاقتصادية. فنجد مثلًا في اليابان أن ٤٠٪ من إنتاجها الورقي يعتمد على النفايات الورقية وفي الولايات المتحدة ٥٠٪ من العلب المنتجة يعتمد إنتاجها على نفايات العلب المعدنية الفارغة.

٤- تحويل المواد العضوية إلى سماد عضوي لاستخدامه في تحسين الإنتاج الزراعي.

٥- إلقاء المخلفات الصلبة في البحار والمحيطات: وهذه الطريقة غير سليمة وغير مقبولة؛ لأنها تسبب إخلالًا كبيرًا في البيئة المائية وإفسادًا للحياة في ذلك القطاع الحيوي.

التلوث بالمخلفات السائلة:

يقصد بالمخلفات السائلة مياه المجاري، ومخلفات المصانع والدباغات، ومياه المنظفات الكيميائية والزيوت المعدنية المستعملة، وينتج تأثيرها الملوث من تسربها بواسطة المياه خلال الطبقات المسامية للتربة، وتعمل على قتل الكائنات الحية فيها، وتصل إلى المياه الجوفية فتلوثها، وتمنع بذلك استخدامها في الشرب. بالإضافة لذلك فإن المخلفات

السائلة وعند اختلاطها بالمياه الملوثة تصبح بؤرة لانتشار الجراثيم والطفيليات الممرضة، وتنتقل هذه الكائنات إلى الإنسان من خلال المزروعات، وخاصة تلك التي تؤكل مباشرة دون طبخ. وتؤدي المخلفات السائلة إلى تملح التربة وهدم بنيتها الفيزيائية. وخير مثال على تلوث التربة بالمخلفات السائلة ما يشاهد في قرى دمشق وغوطتها الواقعة على نهر بردى الملوث بمختلف أنواع الملوثات المائية والتي تنتقل إلى الأراضي المزروعة وتقلل من إنتاجيتها.

التلوث بالمبيدات:

المبيدات عبارة عن مركبات كيميائية متفاوتة السمية، تحقن في المحيط الحيوي لعلاج حالات عدم التوازن التي حلت به، وتحظى التربة دون غيرها من الأوساط البيئية بالجزء الأكبر من هذه المواد السامة، حيث تستخدم تلك المواد في مقاومة الآفات الزراعية، التي من أهمها الحشرات والحشائش والفطريات وبعض الأحياء الأخرى التي تقطن التربة. والمبيد المثالي هو ذلك المبيد الانتقائي الذي يؤثر فقط على الآفة التي يستعمل من أجل مكافحتها، دون أن يؤثر على أعدائها من الحشرات النافعة، والذي يتحلل بسهولة وفي زمن قصير نسبي إلى مواد غير سامة، والذي لا يتركز في السلسلة الغذائية، أما عكس ذلك فيعتبر ملوثًا خطرًا على البيئة وهي كثيرة. وفي الواقع فإن معظم المبيدات لا تكون انتقائية في عملها، وتكمن خطورة المبيدات الكيميائية في بقائها بالتربة لعدة سنوات وأثرها التراكمي،

أو ما يسمى التراكم الحيوي (بالإنجليزية: Bioaccumulation) أي انتقال العناصر السامة وتراكمها بواسطة السلسلة الغذائية.

إن الاستعمال المستمر للمبيدات يؤدي إلى زيادة في تركيز العناصر السامة في نسج النباتات والمحاصيل الزراعية، التي تنتقل بدورها إلى الحيوانات (أبقار وأغنام) التي تتغذى على هذه المحاصيل، ثم تنتقل للإنسان عن طريق تناوله للخضار والفواكه واللحوم والأسماك، كل ذلك يؤدي إلى أضرار فيزيولوجية في العضوية. وقد تحمل الأمطار هذه المبيدات من التربة إلى المجاري المائية؛ فتسبب كثيرًا من الأضرار على الكائنات الحية الموجودة في هذه الأوساط. وفي بعض الحالات ترش هذه المبيدات في الحقول بواسطة الطائرات من الجو، ولا تؤدي هذه الطريقة إلى تلوث التربة فقط، بل تؤدي أيضًا إلى تلوث الهواء بقدر كبير قد يصل أحيانًا إلى ٥٠٪ من المبيد المستعمل. ويؤدي الإسراف في استخدام المبيدات إلى فقدان التوازن الطبيعي القائم بين الآفات وأعدائها الطبيعيين. ويتأثر الإنسان كذلك بهذه المبيدات، فالعمال الذين يعملون في مصانع هذه المبيدات يتأثرون بها بطريقة مباشرة، إما عن طريق الملامسة، وإما عن طريق استنشاق أبخرتها، كما يتعرض لهذا الخطر العمال الذين يقومون برش هذه المبيدات في الحقول. والأمثلة على ذلك كثيرة: ففي الهند بلغت حالات التسمم بالمبيدات نحو ١٠٠ حالة عام ١٩٥٨، وفي سوريا بلغت هذه الحالات نحو ١٥٠٠ حالة أوائل الستينيات، كما تسمم أيضًا نحو ٣٣٦ فردًا في اليابان منذ عدة سنوات. ومما يزيد من مشكلة استخدام المبيدات أن مقاومة الآفات للمبيدات قد زادت إلى درجة أن الآفات قد اكتسبت

مناعة ضد هذه الأنواع من المبيدات، وبالتالي فهي لم تعد تموت بجرعات كانت قاتلة لها من قبل.

ومن المبيدات الحشرية نذكر منها: مركب D.D.T، وهو أكثر المبيدات شهرة وأكثرها انتشارًا حتى الآن، ويعرف الـ D.D.T كيميائيًا باسم ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان، وبدأ استعماله في الحرب العالمية الثانية كمبيد حشري، وقد منع استخدامه أو حدد في العديد من الدول كأمريكا وكندا والسويد؛ نظرًا لاحتوائه على مركبات كلورية سامة، ومن خواص هذا المبيد أنه شديد الثبات يبقى دون أن ينحل زمنًا طويلًا، ويقال أن هناك نسبة ما من هذا المبيد في جسم كل إنسان على سطح الأرض مهما كانت هذه النسبة ضئيلة.

التلوث بالأسمدة الكيميائية:

لقد كان الإنسان قديمًا يستخدم الأسمدة في الزراعة، لما لها من تأثير جيد على خصوبة التربة وبالتالي زيادة في المحصول، وكانت الأسمدة قديمًا من النوع العضوي (أي من مخلفات الحيوان وبقايا النبات) حيث تتحلل في التربة ببطء بفعل الأحياء الدقيقة، وينتج عن ذلك مواد ذائبة سهلة الامتصاص، وبكميات تفي باحتياجات النبات، وبزيادة عدد السكان وتوسع الرقعة الزراعية، اتجه المزارعون إلى استخدام الأسمدة الكيميائية التي تحوي على مركبات الفوسفات والنترات؛ لزيادة خصوبة التربة وزيادة إنتاجها من المحاصيل الزراعية. وإن الاستخدام المفرط لهذه الأسمدة

بكميات تزيد عن حاجة النبات الفعلية (وخاصة زيادة الأسمدة النيتروجينية) جعل جزءًا كبيرًا من هذه الأسمدة يبقى في التربة، وهو الجزء الذي يزيد عن حاجة النبات. ويمثل هذا الجزء المتبقي إسرافًا من الناحية الاقتصادية، وهو أحد عوامل تلوث التربة، وعند ري هذه التربة فإن جزء من هذه الأسمدة النيتروجينية يذوب في مياه الري حتى تصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض، الأمر الذي يؤدي إلى أضرار عديدة منها:

١- تسمم الحيوانات التي تتغذى على النباتات الحاوية على كمية زائدة من النيتروجين.

٢- كما أن حفظ النباتات في الصوامع يؤدي إلى تخمرها، وبالتالي تصاعد غاز ثاني أكسيد النيتروجين H2S الذي يؤثر بدوره على صحة العاملين.

٣- زيادة النيتروجين تؤدي إلى تزايد أعداد البكتريا الضارة في التربة، التي تعمل على تحويل المواد النيتروجينية الموجودة في الأسمدة إلى نترات، وبالتالي تزايد التلوث بالنترات.

٤- يعد الماء الذي يزيد محتواه من النترات عن ١٠ ppm غير صالح للشرب، وفي حال تناول الإنسان لهذه المياه فإن البكتريا الموجودة في الجهاز الهضمي تقوم باختزال النترات، إلى نتريت، والذي بدوره ينتقل إلى الدم ويتحد مع الهيموجلوبين، فيفقد الهيموجلوبين قدرته الطبيعية على

امتصاص غاز الأكسجين ونقله إلى الخلايا، وهذه الحالة يطلق عليها اسم حالة تسمم الدم، وهي حالة خطيرة تمنع وصول غاز الأكسجين إلى الخلايا، فتموت هذه الخلايا، مما يؤدي إلى وفاة الكائن الحي.

٥- وقد لوحظ أن تركيز النترات في المجاري المائية يزداد يومًا بعد يوم، وأوشك أن يصل في تركيزه في بعض البحيرات إلى مستويات تنذر بالخطر، وقد فقدت عدد من البحيرات صلاحيتها لأخذ مياه الشرب منها، كما أصبحت معرضة لظاهرة التشبع الغذائي، فمركبات النترات تشترك مع مركبات الفوسفات في تحويل مثل هذه البحيرات إلى مستنقعات تنعدم فيها الحياة.

٦- وقد تصل النترات إلى الإنسان عن طريق الأطعمة المعلبة، حيث يستخدم قليل من مركبات النترات والنتريت بهدف حفظها من الفساد والتلف، باعتبار أن لهذه المركبات خواص مضادة للجراثيم.

ولزيادة مركبات الفوسفات (أو مركبات الفوسفور) في المياه الجوفية في باطن الأرض تأثيرًا على المجاري المائية، وتؤدي زيادة نسبتها في هذه المجاري إلى الإضرار بحياة كثير من الكائنات الحية، التي تعيش في مختلف المجاري المائية.

ومركبات الفوسفات مركبات ثابتة من الناحية الكيميائية؛ ولذلك فإن آثارها تبقى في التربة زمنًا طويلًا، ولا يمكن التخلص منها بسهولة. كذلك فإن هذه المركبات تتصف بأثرها السام على كل من الحيوان

والإنسان، وبالتالي فإن زيادتها في المجاري المائية أو في المياه الجوفية التي تؤخذ منها مياه الشرب يعتبر أمرًا غير صحي. وكذلك تتسبب زيادة نسبة مركبات الفوسفات في مياه البحيرات إلى حدوث نمو زائد للطحالب وبعض النباتات المائية الأخرى، الأمر الذي يؤدي إلى وصول هذه البحيرات إلى حالة التشبع الغذائي، وهي ظاهرة تحدث لكثير من البحيرات التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي، فتتحول هذه البحيرات مع مرور الزمن إلى مستنقعات خالية من الأكسجين، وكذلك تخلو تمامًا من الأسماك وغيرها من الكائنات الحية.

ويتضح مما سبق أنه يجب أن يكون هناك توازن بين ما تحتاجه النباتات من هذه المخصبات، وما يضاف منها إلى التربة الزراعية، حتى لا تتسبب الكميات الزائدة من هذه المخصبات في الإضرار بعناصر البيئة المحيطة بهذه التربة، أو استعمال مواد أخرى أقل ضررًا بصحة الإنسان وباقي الكائنات.

المعادن الثقيلة Heavy Metals:

يقصد بالمعادن الثقيلة كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن ٥غم/سم^{٣}، وما يقل عنها تدعى بالمعادن الخفيفة.

تؤدي بعض هذه المعادن دورًا مهمًا في حياة الأحياء وفعاليتها البيولوجية المختلفة، فالحديد له أهمية معروفة في تركيب الدم والأنزيمات، وتعد كل من عناصر المنجنيز والزنك والنحاس محفزات أنزيمية، ولكن

تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة. ومما يزيد من خطورة هذه المعادن في البيئة هو عدم إمكانية تحليلها بواسطة البكتريا والعمليات الطبيعية الأخرى، فضلًا عن ثبوتيتها والتي تمكنها من الانتشار لمسافات بعيدة عن مواقع نشوئها أو مصادرها، ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها إلى التراكم الحيوي في أنسجة وأعضاء الكائنات الحية في البيئة المائية أو اليابسة. ولبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية، أي أنها تكون بمثابة نظائر مشعة Radioactive Isotopes؛ لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة على البيئة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت، كما هو الحال في الزنك ٦٥ المشع، واليورانيوم ٢٣٥.

تصاب التربة بتلوث المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق والكادميوم، التي تصل إلى التربة مع النفايات التي يتم دفنها في التربة، أو مع مياه الري الملوثة، أو نتيجة لتساقط المركبات العالقة في الهواء لهذه المعادن، وهي معادن شديدة السمية، وتتركز بصورة كبيرة في أنسجة النباتات والثمار، حيث تنتقل بدورها عبر السلسلة الغذائية للإنسان.

الأمطار الحمضية:

تعتبر غازات أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت المتصاعدة المكون الرئيسي للأمطار الحمضية، وذلك عند تفاعلها مع جزيئات بخار الماء Water Vapor، وبالتالي تتكون هذه الأمطار وتتساقط على شكل حمض النتريك وحمض الكبريتيك، وتعتبر الأمطار حمضية إذا انخفض رقمها

الهيدروجيني إلى ٥ فما دون، كما أن هناك ما يعرف بالأمطار القاعدية التي يصل رقمها الهيدروجيني إلى ٨ فما فوق، وعادة ما تكون غنية بالكالسيت وغيرها من المواد كالكربونات المذابة، وينحصر سقوطها في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا تشكل أخطارًا مقارنة بالأمطار الحمضية.

وتؤدي الأمطار الحمضية إلى إحداث تغير في طبقة التربة الزراعية، وتذيب عددًا من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة، ومن ثم إلى المياه الجوفية التي قد تستخدم في الشرب أو ري المزروعات. كما تعمل الأمطار الحمضية على زيادة حموضة التربة مما يؤثر على أحياء التربة، ويلحق الضرر في خصوبتها وتؤدي إلى موت النباتات، كما يمكن أن تحتوي هذه الأمطار عند تسربها في جوف التربة على عناصر ذائبة خطرة وسامة، مثل المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق.

التلوث الإشعاعي:

بدأت مشكلة التلوث بالمواد المشعة تبرز بعد اكتشاف النشاط الإشعاعي في بداية القرن، ولم تظهر المشكلة إلا بعد ١٩٤٥ حينما تمكن الإنسان من تفجير القنابل النووية والقنابل الهيدروجينية، وتقدر العناصر المتكونة من تفجير قنبلة نووية واحدة بحوالي ٢٠٠ عنصر مشع، حيث يتصاعد الغبار الذري الناتج عن الانفجار في العادة إلى عدة كيلومترات، ثم يتساقط على الأرض أو ينتشر في الهواء، ولا يلبث أن يتسرب الغبار الذري بطريقة ما إلى المياه الجوفية والأنهار والبحار. وفي حالات

الانفجارات الهائلة التي تزيد على خمسين ميكا طن (أي أن قوة انفجارها تعادل تفجير خمسين مليون طن من مادة T.N.T)، فإن الغبار الذري الناتج قد يدور عدة مرات حول الأرض قبل أن يتم نزول جميعه إلى سطح الأرض؛ وهذا هو السبب الرئيسي الذي دعا الدول الكبرى لتوقيع معاهدة تحريم التفجيرات النووية في الجو عام ١٩٦٣، إلا أنها لا تمنع التفجيرات في باطن الأرض.

وتأتي خطورة العناصر المشعة من كونها ذات صفة تراكمية، أي أنها تنتقل من الوسط إلى الكائنات النباتية والحيوانية مع زيادة في التركيز، في كل مرحلة من مراحل انتقالها عبر السلسلة الغذائية، وإذا تلقى الجسم أو أي عضو من أعضائه دفعات متقطعة حصلت فيه أضرار مختلفة، وحتى الجرعات القليلة جدًا من الإشعاعات يمكن أن تؤثر على خلية واحدة، وإن كانت الخلايا المتضررة هي الخلايا الجنسية، فيمكن أن يحدث خلل وراثي Genetic injury، والذي من الممكن أن ينتقل إلى الأجيال القادمة، أو ظهور تشوهات عند الأطفال الذين يولدون في مناطق تعرضت إلى مصدر إشعاعات، كما هي الحال عند الأطفال اليابانيين الذين ولدوا بعد إلقاء القنابل الذرية على هيروشيما ونجازاكي سنة ١٩٤٥.

الفصل الثامن

التلوث بعوادم السيارات

كيف يحدث التلوث من المركبات الآلية.

عوامل تركيز وتشتت الملوثات.

كيف تصل الملوثات إلى الإنسان.

تعد وسائل النقل البري من سيارات وشاحنات وحافلات المصدر الرئيسي لتلوث الهواء، خاصة بالمدن التي تشهد كثافة في حركة المرور، حيث تقوم هذه المركبات بدور بارز قي توليد الملوثات الرئيسية للهواء، وهناك العديد من المخاطر الصحية والبيئية الناتجة من عوادم السيارات بمختلف أنواعها، والتي تعتمد في طاقتها التشغيلية على البنزين أو الديزل، اللذين يعتبران من أهم مصادر تلوث الهواء، حيث تعتبر الانبعاثات الناجمة عن المركبات هي المصدر الرئيسي لتلوث هواء المدن، خاصة وأن أعداد المركبات في تزايد مستمر، ويتنج من احتراق الوقود داخل محركات السيارات العديد من الملوثات، ومن أهمها أول أكسيد الكربون، المركبات العضوية الطيارة (هيدروكربونات)، أكاسيد النيتروجين، ثاني أكسيد الكبريت، والجسيمات العالقة، بالإضافة إلى مركبات الرصاص السامة الناتجة من العادم عند استخدام وقود البنزين، الذي يحتوي على نسبة من الرصاص وغيره من المعادن كمواد إضافية.

ويتعرض كثير من السكان وخاصة في المدن إلى الضوضاء الناجمة عن حركة المرور بما يتجاوز ٦٥ديسيبل، وهو المستوى الذي إذا تجاوزته الضوضاء فإنه يسبب الإزعاج والضرر.

وعلى الصعيد العالمي، يستأثر قطاع النقل بحوالي ٣٠٪ من إجمالي الاستهلاك التجاري للطاقة، حيث يستهلك النقل البري وحده ٨٢٪ غير أن هناك اختلافات واسعة بين البلدان، وهذا مرده إلى الوضع الاقتصادي لتلك البلدان.

لقد تم إحراز تقدم ملحوظ مع مرور السنوات فيما يتعلق بزيادة كفاءة السيارات، من حيث استهلاك الطاقة وكمية الوقود المستهلك ونوعيته، وبالتالي كمية الملوثات المنبعثة من السيارات ونوعيتها.

ويعد تصميم المحرك في المركبات الآلية وحالته من الأمور الهامة التي يجب الاهتمام بها؛ لحماية الهواء من التلوث. وتختلف كمية هذه الانبعثات باختلاف أنواع المركبات وعمرها وطرق تشغيلها ونوعية الوقود المستخدم، فالسيارات الحديثة أكثر كفاءة في استهلاك الوقود وأقل تلويثًا للبيئة، واستخدام الوقود الخالي من مركبات الرصاص يسهم بدرجة كبيرة في مكافحة التلوث بالرصاص، كما أن طريقة تشغيل المحرك في حالة الانتظار وسرعة القيادة تعتبر من الأمور الهامة لتخفيض استهلاك الوقود والتلوث، حيث إن القيادة بسرعة منتظمة معتدلة، أفضل من القيادة المصحوبة بتغير كبير في السرعة،كما أنه عندما تكون المركبة في حالة سرعة يكون الاحتراق مثاليًا، حيث ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء إضافة إلى أكاسيد النيتروجين، وفي حالة تناقص سرعة المركبة يكون الاحتراق غير كامل للوقود، مما يزيد من انبعاث أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات، وتقل نسبة أكاسيد النيتروجين لانخفاض درجة الحرارة.

كيف يحدث التلوث من المركبة الآلية؟

تتم عملية حرق الوقود كما نعلم جميعا من خلال مرور البنزين من خزان الوقود إلى المحرك، عن طريق مغذي الوقود (الكاربراتوري)، الذي

يقوم بتغذية البنزين بالهواء، بحيث يصبح معدل كتلة البنزين الداخلة إلى كتلة الهواء ثابتة عادة ١٥:١، ثم يحدث الاحتراق فتنتج مجموعة من المركبات تجد طريقها إلى الوسط البيئي، وفي حالة حدوث خلل بالكاربراتوري، فمثلًا في حالة زيادة نسبة الوقود إلى نسبة الهواء، سيكون من ضمن النواتج أول أكسيد الكربون، وتنطلق الملوثات من السيارات من المخارج الآتية:

المركبات التي تعمل بمحركات الديزل:

هناك فرق بين محركات الديزل ومحركات البنزين، فالمواد المنبعثة من محركات الديزل أقل من المواد المنبعثة من محركات البنزين، وهذا يعد من ميزات محركات الديزل بالنسبة للبيئة طبعًا؛ لأن التنفس في مجال الديزل ضئيل جدًا، والانبعاث بالتبخير منخفض؛ وهذا لأن محرك الديزل يستخدم دائرة مغلقة لحقن الوقود، كما أن وقود الديزل أقل تطايرًا من البنزين، حيث يغلي الديزل في درجة حرارة ٣٥٠-٧٥٠ درجة مئوية مقابل ٩٠-٤٠٠ درجة.

مئوية للبنزين:

ينصرف من عادم السيارات التي تعمل بالديزل عشر ما ينتج من سيارات البنزين من أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات، في حين تتعادل كميات أكاسيد النيتروجين، وطبعًا مركبات الرصاص منعدمة في الديزل، وعموما السيارات التي تعمل بمحركات الديزل لا تشكل مشكلة خطيرة

بسبب قلة عددها، إذا ما قورنت بالسيارات التي تعمل بالبنزين، ومشكلة محركات الديزل الرئيسية هي الرائحة والدخان.

عوامل تركيز وتشتت الملوثات:

لشدة الريح واتجاهها ودرجة الحرارة أهمية خاصة في انتقال وتشتيت مواد البيئة في الاتجاهين الأفقي والرأسي، ولا شك أن توقف انتقال الكتل الهوائية يؤدي إلى تراكم المواد السامة أو الخطرة في الهواء، وبالتالي إلى مشاكل بيئية أو صحية. ومن المفهوم عادة أن قابلية انتقال الغاز إلى أعلى عندما ينخفض الضغط كلما تم الارتفاع عن سطح الأرض؛ ولهذا نرى تصاعد الأدخنة، وعند تمدد الغاز بدون تبادل الحرارة مع الهواء المحيط فإنه يبرد ويصبح أكثر كثافة، وفي هذه الحالة تمر كتلة الغاز بما يعرف بالتبريد الأدياباتيكي، وعند نقطة تتساوي فيها كثافة الغاز مع الهواء المحيط به، أي تبلغ الكتلة حالة التوازن تفقد قدرتها على الصعود أو الهبوط، وتتغير درجة حرارة الهواء مع الضغط، وبالتالي الارتفاع له علاقة هامة بحدوث تلوث الهواء.

كيف تصل الملوثات إلى الإنسان؟

عندما تنطلق الملوثات من المركبات الآلية عبر إحدى المخارج التي تمت الإشارة إليها فإنها تسلك إحدى السبل التالية، إما تسقط في المنطقة المرورية التي تسير بها السيارة أو تنطلق إلى مساحات أبعد نتيجة انتقالها بالتيارات الهوائية وهذا بطبيعة الحال يعتمد على حجم هذه الملوثات

ومدى قدرة الهواء المحيط على نقلها إلى خارج المنطقة المرورية، وفي كل الأحوال فهي سوف تصل إلى الإنسان عبر إحدى الطرق التالية:

- الجهاز التنفسي من خلال استنشاقه لهذه الملوثات.

- الجهاز الهضمي من خلال انتقالها إليه عبر السلسلة الغذائية، من خلال تناوله للخضراوات واللحوم المعرضة للملوثات، وخاصة تلك التي يتم عرضها وبيعها على الطرقات.

- عن طريق الجسد من خلال لمس هذه الملوثات عند سقوطها على الأرض، أو على الأجسام الأخرى ولمس الإنسان لهذه الأجسام.

ويعتبر استنشاق الملوثات من أخطر الوسائل التي يمكن أن تلحق الضرر بالإنسان مقارنة بطرق الانتقال الأخرى.

تلوث الهواء من حركة المرور:

وينتج عن هذا التعرض للملوثات الناتجة من وسائل النقل البري العديد من الأخطار الصحية، سبقت الإشارة إليها في الجزء الأول من هذه السلسلة، وللتذكير فإن من أهم الأخطار الصحية الناتجة عن التعرض للتلوث الناتج من المركبات الآلية وفق ما أشارت إليه الدراسات البيئية ذات العلاقة، أن أغلب الغازات المنطلقة من عوادم السيارات تشكل خطرًا على صحة الإنسان، خصوصًا لدى الأطفال الرضع والصغار دون الثالثة، ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون الآتي من عوادم السيارات في

طليعة هذه الغازات، حيث يشكل ما مقداره ٨٣٪ من هواء المدن، وهو أشد الغازات الملوثة سمية، ويتميز بثباته في الهواء ما بين ٢ إلى ٤ أشهر، ويعود تأثيره السام لارتباطه بالدم، مكونًا مركب كربوكس هيموغلوبين بسبب نقص كمية الأكسجين المطلوبة للجسم، إضافة إلى الأخطار الصحية الجسيمة الناتجة عن مركبات الرصاص، والناتجة من استخدام البنزين المحتوي على الرصاص، وهذه المركبات تقود إلى مشاكل صحية جسيمة منها التسمم والتأثير على الجهاز العصبي.

الفصل التاسع

التلوث الكهرومغناطيسي

- التلوث الكهرومغناطيسي وخطرة على الصحة.
- تدابير الوقاية.
- مصادر التلوث الكهرومغناطيسي.
- درجة التلوث المسموح بها.
- الأمراض الناجمة عن التلوث الكهرومغناطيسي.
- الوقاية من التلوث الكهرومغناطيسي.

التلوث الكهرومغناطيسي وخطره على صحة الإنسان

من مظاهر التقدم التقني الذي حققته البشرية في العصر الحديث، كثرة الأجهزة الكهربائية التي تستخدم في المنازل والمؤسسات والمرافق الخدمية لأغراض عدة، كالطهو والإنارة والتبريد والتدفئة والنظافة والحياكة والتصوير والنسخ والعلاج والاتصال.

ورغم الدور الإيجابي الذي لعبته تلك التقنية في رفاهية الإنسان في مختلف جوانب حياته إلا أن هذه الأجهزة صارت مصدرًا أساسيًا من مصادر التلوث البيئي التي تهدد صحة الأحياء؛ وذلك لأن المجالات الكهرومغناطيسية التي تتولد عند تشغيل هذه الأجهزة تتفاعل مع الخلايا الحسية للإنسان، وتلحق بها أضرارًا ربما تصل إلى حد الإصابة بالسرطان.

ويقول الباحث مُحَمَّد حيان الحافظ إن التلوث الكهرومغناطيسي ينتج عن الموجات الكهرومغناطيسية، الناجمة عن تشغيل عدد لا محدود من محطات الإذاعة والتلفاز المنتشرة في أنحاء العالم كافة، كما ينشأ في جزء منه عن محطات القوى الكهربائية وشبكات الضغط العالي التي تنقل الطاقة الكهربائية إلى مسافات بعيدة، وتتضمن هذه الشبكات عشرات من محطات القوى ومحطات التقوية والمحولات، وهناك مصادر أخرى للتلوث الكهرومغناطيسي تشمل: أجهزة اللحام بالكهرباء والأوكسجين، السيارات الكهربائية والميكانيكية، الموتورات الكهربائية التي تدار بها بعض الأجهزة المنزلية، كالثلاجات والمكيفات والغسالات والمراوح، أجهزة الفيديو

والحاسوب والتلفزيون، الساعات المنبهة، البطانيات الكهربائية، شبكات الميكرويف التي تستخدم في الاتصالات اللا سلكية.

إن الموجات والمجالات الكهرومغناطيسية التي تنطلق من هذه المصادر تملأ الجو المحيط بنا، ولو كان بمقدورنا أن نرى هذه الموجات والمجالات لرأيناها تتشابك حولنا وتبدو على هيئة ضبابية.

وتتسم الموجات الكهرومغناطيسية بالقدرة على اختراق أجسام الأحياء والتفاعل مع الخلايا الحية، وإحداث تغييرات بيولوجية فيها بشكل ينتج خللًا واضطرابًا في أداء أجهزة الجسم المختلفة، وخصوصًا الجهاز الدوري والجهاز التناسلي والمخ والأعصاب.

التلوث الكهرومغناطيسي والصحة:

لقد توصل عدد كبير من العلماء بعد تجارب ودراسات علمية دقيقة، إلى أن الاقتراب طويلًا من مجال الكهرباء هو يسبب ارتفاع معدلات الإصابة بسرطان الدم وأورام المخ وإجهاض الحوامل، كما ثبت أن الإنسان يصاب بضعف في بصره إذا عمل لفترات طويلة أمام شاشات العرض المختلفة.

وفي هذا الشأن أجريت مجموعة من الدراسات في الولايات المتحدة أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات لنساء كن يعملن على أجهزة الحاسوب في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، وخلصت إلى وجود صلة

بين الإجهاض والتعرض للمجال الكهرومغناطيسي الناجم عن هذه الشاشات. كذلك أجريت دراسة في جامعة بتسبرج بالولايات المتحدة خلصت إلى أن النسبة المحتملة لوفيات العمال في مصنع الألمنيوم إصابتهم باللوكيميا والورم الليمفاوي تبلغ خمسة أضعاف المعدل المعتاد، ومعلوم أن مصانع الألمونيوم تتميز بالتيارات الكهربائية العالية التي تشكل جزءًا من عملية الصقل.

وتعد أجهزة الهاتف العادية والمحمولة مصدرًا أيضًا محتملًا للإصابة بالسرطان، فالشخص عندما يضع سماعة الهاتف على أذنه فإنه يعرض نفسه لمجال كهرومغناطيسي ذي تردد منخفض، ولكن إذا تعرضت الأذن لهذا المجال لوقت طويل، فإن أثر هذا المجال يزداد حدة.

وقد أكد أحد العلماء في كاليفورنيا أن الإسراف في استعمال الهاتف له مضاعفات سيئة على الصحة، تبدأ بالمتاعب في الجهاز العصبي والقلب والدورة الدموية، وقد تصل إلى حد العقم. وبالنسبة للهاتف الجوال فإن الأمر يبدو أشد خطرًا، نظرًا لأنه ذو تردد عال (٨٥٠ مليون ذبذبة في الثانية)، ويختلف تصميم الهاتف الجوال عن الهواتف الأخرى في أن السماعة تحتوي على جهاز الإرسال اللا سلكي، وهو ما يعني أن الموجات اللا سلكية تغشى الدماغ إثر خروجها من مركز الإرسال (السماعة)، فتتداخل مع المجالات الكهربائية الطبيعية لأغشية الخلايا مسببة الإصابة بالسرطان. ودرءًا للخطر؛ تحذر بعض الشركات زبائنها في دليل الاستخدام من أن تلمس أجسادهم الهواتف الجوالة في أثناء المكالمات الهاتفية.

وقد حدث أن رفع مواطن بولاية فلوريدا الأمريكية دعوى قضائية ضد إحدى المؤسسات اليابانية لصناعة الهاتف، وأيضًا ضد المؤسسة المشغلة لنظام الهاتف النقال ومعرض بيع أجهزة، يتهمهم فيها بالتسبب في إصابة زوجته بورم دماغي خبيث أدى إلى وفاتها، وأشار في عريضة الدعوى إلى أن المؤسسة والمعرض لم يرشدا الزوجة إلى طريقة الاستخدام السليمة.

ولا شك أن هذا الوضع يستوجب إعادة النظر في تصميم أجهزة الهاتف الجوال وطريقة استخدامه، بحيث تخفف شدة الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة عنها. فهذه الأجهزة تنتشر سريعًا في العالم، ويتم تطويرها باستمرار، بحيث تصبح أخف وزنًا ومتعددة الاستخدام، ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تخطط الشركات المتخصصة لإنتاج أجهزة اتصال أخرى تحمل باليد مثل: المتصل الشخصي، والمساعد الشخصي الرقمي، والتي يمكنها إرسال الفاكس والبيانات والرسائل الأخرى واستقبالها عبر شبكات الهاتف الجوال.

إن المجالات المغناطيسية تؤثر أيضًا على الوظائف البيوكيميائية التي تدور داخل الخلايا الحية، فالتعرض للمجال الكهرومغناطيسي يمكن أن يؤثر على سريان المواد الكيماوية عبر الأغشية، ويتدخل في تركيب المادة الوراثية، ويغير أيضًا في نشاط الهرمونات والكيماويات، ما قد يؤدي إلى تشوه الأجنة، أو إلى التخلف العقلي، فضلًا عن حدوث اضطرابات في ضربات القلب واضطرابات في أنماط الأكل والتنفس والنوم.

ونظرًا لخطورة المجالات الكهرومغناطيسية على صحة البشر؛ قامت بعض الدول مثل السويد بسن التشريعات التي تحدد حد الأمان بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية التي يتعرض لها الإنسان، وهو ٢٠٠ ميكروات، وهذا هو الحد الأقصى المسموح به. كما قامت هيئة المواصفات السويدية بمراجعة مقاييسها المتعلقة بالموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من شاشات الكمبيوتر، ووضعت مقياسًا جديدًا صارمًا يعرف بـ MPR2. يتقيد نحو أربعة عشر منتجًا ومصنعًا بهذا المقياس، ويقومون بإعادة تصميم منتجاتهم وفقًا له، ولكن أغلبية شاشات الكمبيوتر المعروضة في الأسواق العالمية غير ملتزمة بهذا المقياس.

تدابير الوقاية:

رغم أن الآثار الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية ما زالت محل خلاف بين العلماء، إلا أنه لا خلاف على أن طول زمن التعرض لهذه المجالات يلحق ضررًا بصحة الإنسان، وعليه فإن الإجراءات الوقائية تدور في مجملها حول تقليل فترة التعرض لهذه المجالات، ووضع العوازل التي تقلل من شدتها، وفي هذا الشأن يتعين القيام بما يلي:

– الاحتفاظ بمسافة كافية بين الشخص وبين الأجهزة الكهربية فمثلًا، عليه أن يحافظ على مسافة ١٢ بوصة بينه وبين فتاحة العلب الكهربائية، ومسافة ٦ بوصات بينه وبين مجففات الشعر، ما يخفف المجال الكهرومغناطيسي بنسبة ٧٥٪. وضع الساعة المنبهة والساعة الكهربائية

وآلات إجابة نداء الهاتف الآلية بعيدًا عن السرير بما لا يقل عن ١.٥ متر.

– الجلوس بعيدًا عن شاشات العرض المختلفة، بحيث لا تقل المسافة عن ذراع على الأقل، وإذا دعت الحاجة إلى استبدال الشاشة، فيفضل اقتناء شاشة من النوع الذي يتقيد بمقاييس السلامة السويدية للمجالات المنخفضة، كما يتعين إطفاء الشاشة عند عدم استعمالها. وبالنسبة لأجهزة التلفزيون ذات الشاشات الكبيرة، فإنه ينبغي للمشاهدين الجلوس بعيدًا عنها بمقدار مترين على الأقل.

– استخدام عوازل لحجب المجال الكهرومغناطيسي المتولد عن الكابلات الكهربائية أو تخفيفه، ومن المواد التي تستخدم في هذا الشأن مادة موميتال، وتتكون هذه المادة من سبيكة النيكل والمولبيديوم والحديد.

نخلص من هذا العرض إلى ضرورة مواصلة البحوث والتجارب لقياس شدة المجالات الكهرومغناطيسية التي نتعرض لها في حياتنا اليومية، والتعرف على تأثيرها على صحتنا. وقد توصل العلماء إلى تطوير أجهزة يمكن استخدامها لهذا الغرض، وفي الولايات المتحدة توجد أجهزة تباع في الأسواق لقياس شدة المجال الكهرومغناطيسي وتسمى أجهزة جاوس. ويتعين على كل من يتعاملون مع الأجهزة ذات المجالات الكهرومغناطيسية سواء كمنتجين أو مستهلكين أو فنيين صيانة أن يراعوا معايير السلامة

ويحرصوا على تقليل تعرضهم لهذه المجالات، وذلك إلى أن يتوصل العلم إلى تصور يقيني قاطع بشأن تأثير المجالات على الصحة العامة.

مصادر التلوث الكهرومغناطيسي:

تنتج المجالات الكهرومغناطيسية في المنازل بتشغيل الأجهزة والمعدات المنزلية الكهربائية، كما أن المنازل القريبة من خطوط نقل الطاقة الكهربائية أو ذات التوصيلات الكهربائية غير السليمة من الممكن أن تكون ذات قيمة عالية للمجالات الكهرومغناطيسية. من المؤكد أنه عند تشغيل أي جهاز منزلي كهربائي يتولد مجال مغناطيسي، وعندما يكون الشخص قريبًا منه يتعرض لهذا المجال ويخترق جسده، مما قد يعرضه للخطر. من هذه الأجهزة مجففات الشعر وماكينات الحلاقة الكهربائية والسخانات، وأفران الميكروويف ومكيفات الهواء، ولمبات الفورسنت وأجهزة التلفزيون والفيديو وأجهزة الرد على التيلفون، والخلاطات ومجهزات الطعام والثلاجات، وغسالات الملابس ومجففاتها، وأجهزة التيلفون المحمول وصانع القهوة. هذه الأجهزة والمعدات الكهربائية تولد مجالات مغناطيسية عالية بالقرب منها، وتقل بسرعة كلما ابتعدنا عنها، لذا يجب أن يكون الشخص بعيدًا عنها عند تشغيلها. أي أن درجة التلوث بالموجات الكهرومغناطيسية تزيد كلما اقتربنا من المصدر، وقيم تلك المجالات لبعض المصادر معطاه بالملي جاوس وعلى مسافات ١٠، ٣٠، ٥٠سم. أفضل وقت لتفريغ الجسم من الملوثات الكهرومغناطيسية هو الصلاة، فعند السجود تتفرغ كل الشحنات الكهرومغناطيسية في الأرض.

درجة التلوث المسموح به:

في عام ١٩٩٦م تبنت منظمة الصحة العالمية مشروعًا دوليًا لدراسة الآثار الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية الصادرة عن محطات وخطوط كهرباء الضغط العالي، ومحطات البث الإذاعي والتلفزيوني، والرادارات والتيلفون المحمول. قام الباحثون بتقسيم الترددات الراديوية إلى مجموعات فرعية، ويختلف معيار الأمان، والذي يعرف على أنه درجة التلوث المسموح بها أو الجرعة المسموح التعرض لها من مجموعة إلى أخرى كما يلي:

– الترددات الراديوية أقل من ١ ميجا هيرتز والمستويات المنخفضة، قد تنتج ارتفاعًا في درجة الحرارة، ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي؛ لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد، كما أنها تسبب سريان تيار كهربائي داخل الأنسجة. وقياس جرعة الإشعاع المسموح بها في هذه الحالة يحسب من خلال ما يعرف بكثافة التيار التي تعرف بالتيار الكهربائي، الذي يقطع وحدة المساحات عموديًا عليها خلال زمن واحد ثانية، ووحدة قياسها أمبير لكل متر مربع.

– الترددات أكبر من ١ ميجا هيرتز، تسبب ارتفاعًا في درجة حرارة الجسم؛ لأنها تخترق الجلد وتعمل على تحريك الأيونات وجزيئات الماء. ويعتمد عمق الاختراق على تردد المجال، فكلما كان التردد صغيرًا زاد عمق الاختراق. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما

يعرف بمعدل الامتصاص النوعي، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتل خلال زمن قدره واحد ثانية، وبالتالي فإن وحدة القياس لها هي واط لكل كيلوجرام. ويختلف معيار الأمان من بلد لآخر، فألمانيا تعترف بمعدل امتصاص ٢واط/كيلوجرام، ولجنة الرقابة الأمريكية تقر بمعدل امتصاص لا يتعدى ١,٦واط/كيلوجرام. ويذكر أن الحرارة المستحثة الناتجة عن التعرض لمجال راديوي قد تسبب نقصًا في القدرة البدنية والذهنية، وتؤثر في تطور ونمو الجنين وقد تحدث عيوب خلقية، كما تؤثر على خصوبة النساء.

– الترددات فوق ١٠ جيجا هيرتز، ذات كثافة أكبر من ١٠٠٠واط/متر^{٢}، تتسبب في الإصابة بمرض عتامة العين (المياه البيضاء)، كما تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر كاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض الرادارات القوية. وقد وضع معيار الأمان هنا من خلال كثافة الطاقة ووحدة القياس هي واط/متر^{٢} وتتفاوت معايير الأمان بشكل ملحوظ من بلد لآخر، ويتفاوت الاهتمام بالآثار الصحية التي يمكن أن يسببها التعرض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان.

تزداد كمية الامتصاص الإشعاعي بزيادة فترة التعرض له، كما تتأثر هذه الكمية بنوع الملبوسات، حيث يعمل بعضها كعاكس للموجات الكهرومغناطيسية.

الأمراض الناجمة عن التلوث الكهرومغناطيسي:

الموجات الكهرومغناطيسية تمتلك القدرة على إحداث أضرار بالغة على صحة من يتعرض لها، ويعتمد مقدار هذا الضرر على عدة عوامل، من أهمها قوة هذه الموجات والمسافة التي تفصلنا عن مصدر الموجات، وأيضا طبيعة جسم الإنسان الذي يتعرض لها، والعمر والوزن والاستعدادات الوراثية للأمراض. ومن أهم الأمراض التي قد تصيب الإنسان عند التعرض لتلك الملوثات الكهرومغناطيسية هي:

- الشعور العام بالارهاق والتعب والخمول والكسل وعدم الرغبة في العمل.
- اضطراب وظائف الدماغ وعدم التركيز الصحيح.
- تدمير البناء الكيميائي لخلايا الجسم.
- تشوه الأجنة.
- التسبب في حدوث بعض أنواع السرطانات، ومن أهمها سرطان الثدي وسرطان الدم.
- ازدياد احتمالية حدوث بعض أمراض القلب.
- تعطيل بعض وظائف الخلايا في الجسم.

- اضطراب وتشوه الرؤية.

-اضطراب معدلات الكالسيوم في الجسم.

- الشرود والهذيان.

- كلما قل العمر زاد امتصاص الجسم للإشعاع، فالكمية التي يمتصها الطفل أكبر من التي يمتصها البالغ.

الوقاية من التلوث الكهرومغناطيسي:

رغم أن الآثار الصحية للمجالات الكهرومغناطيسية ما زالت محل خلاف بين العلماء، إلا أنه لا خلاف على أن طول زمن التعرض لهذه المجالات يلحق ضررًا بصحة الإنسان؛ لذا فإن إجراءات الوقاية تدور في مجملها حول تقليل فترة التعرض لهذه المجالات، ووضع العوازل التي تقلل من شدتها، وفي هذا الشأن يتعين القيام بما يلي:

- الاحتفاظ بمسافة كافية بين الشخص وبين الأجهزة الكهربائية.

- وضع الساعة المنبهة والساعة الكهربائية وآلات إجابة نداء الهاتف الآلية بعيدًا عن السرير بما لا يقل عن ١.٥ متر.

- الجلوس بعيدًا عن شاشات العرض المختلفة، بحيث لا تقل المسافة عن ذراع على الأقل.

- يجب إطفاء الشاشة عند عدم استخدامها.

- استخدام عوازل لحجب المجال الكهرومغناطيسي المتولد عن الكابلات الكهربائية أو تخفيفه.

الفصل العاشر

التلوث السمعي أو الضوضائي

- ضوضاء المدن.
- قياس الضوضاء ومستوياته.
- مصادر الضوضاء.
- أنواع التلوث الضوضائي.
- الآثار الضارة المترتبة على الضوضاء.
- الاضطرابات السمعية.
- الآثار الفسيولوجية.
- الآثار النفسية.
- التأثير على قدرة الإنسان الإنتاجية.
- طرق مواجهة الضوضاء.
- الحماية التقنيه للبيئة من التلوث الضوضائي.

التلوث السمعي أو الضوضائي

هو خليط متنافر من الأصوات ذات استمرارية غير مرغوب فيها، وتحدث عادة بسبب التقدم الصناعي، يرتبط التلوث السمعي أو الضوضائي ارتباطًا وثيقًا في الأماكن المتقدمة وخاصة الأماكن الصناعية. وتقاس عادةً بمقاييس مستوى الصوت، والديسيبل هي الوحدة المعروفة عالميًا لقياس الصوت وشدة الضوضاء.

ضوضاء المدن:

أصبحت الضوضاء السمة الرئيسية للمدن، والتزاحم هو المسؤول الأول عن ذلك، ويعتبر معظم سكان المدن أن الضوضاء الزائدة تحتل المرتبة الثانية مباشرةً بعد تلوث المياه، بين القضايا البيئية التي تحظي باهتمامهم. وأظهرت دراسة قامت بها إدارة الإسكان والتنمية الحضرية في الولايات المتحدة الأمريكية أن سكان المدن في أغلب الأحوال اعتبروا أن الضوضاء هي أسوأ صفة لمنطقة السكن، كما تم تحديد الضوضاء والجريمة هما أكبر عاملين ضمن العوامل التي تؤدي إلى رغبة الناس في الانتقال إلى جزء آخر من المدينة؛ ولذلك الضوضاء في المدن مشكلة دائمة ومزمنة.

قياس الضوضاء ومستوياته:

الزحام الليلي أحد سمات منطقة وسط البلد بالقاهرة.

يمكن قياس الضوضاء بطرق فيزيائية يعبر عنها بالديسيبل أو الفون، فمثلًا يقدر كلام الفرد العادي من ٥٠ إلى ٦٠ ديسبيل، والضوضاء الناجمة عن بوق مثلًا تساوي ١٠٠ ديسيبل. وقد تصل حركة الأجسام وحفيف الملابس إلى ٢٠ ديسيبل. ولكن الضوضاء التي تزيد شدتها عن ٣٠ فونًا تسبب اضطرابات نفسية، والضوضاء التي تبلغ ما بين ٦٠ و٩٠ فونًا تسبب متاعب نفسية وعصبية، وعيوبًا في درجة السمع، أما الضوضاء التي تزيد عن ١٢٠ فونًا فتؤثر تأثيرًا مباشرًا على خلايا الكتلة العصبية داخل الأذن.

وفي دراسة أجرتها وزارة الصحة المصرية عام ١٩٨٨ في القاهرة وضواحيها، تم قياس الضوضاء طوال فترات الأيام المتعاقبة (٨ ساعات لكل يوم) بمنطقة وسط البلد المكتظة بالسكان والمحال التجارية، ثبت تراوح شدة الضوضاء بين ٥٨ ديسيبل بالمناطق السكنية الهادئة، و٧٣.٥ ديسيبل بالمناطق السكنية المزدحمة مساءً، وفي وسط المدينة تراوحت بين ٦٤.٥ و٦٩.٢ ديسيبل.

ويعتقد البعض أن مصدر الضوضاء يتمثل في البيئة الخارجية فقط، لكن من الممكن أن تكون البيئة الداخلية أيضًا هي مصدر للضوضاء. وبصفة عامة يرتبط فقدان السمع الدائم بمستويات الضوضاء التي تزيد على ٨٥ ديسيبل، وقد يتعرض الشخص لمستويات ضوضاء معتادة بالمنزل؛ وبمرور الوقت يفقد الإنسان حاسة السمع، وقد يحدث أن السمع

أيضًا نتيجة التعرض المفاجئ للضوضاء، مثل سماع صوت انفجار ألعاب نارية.

مصادر الضوضاء:

حركة المرور المتزايدة في عمان تزيد من نمو المدن كغيرها من المدن الكبيرة، مما يؤدي إلى زيادة ضجيج المركبات.

يمكن تصنيف مصادر الضوضاء إلى عدة تصنيفات، من أهمها:

ضوضاء وسائل المواصلات والطرق:

تعتبر ضوضاء المواصلات والطرق السبب الأول للضوضاء البيئية في بعض الدول، ففي مصر مثلًا مصر تمثل حوالي ٦٠٪ من أسباب الضوضاء. وتنقسم إلى:

- ضوضاء السيارات:

ففي دراسة أعدت سكان المدن الأردنية، تبين بعد قياس منسوب الضجيج المروري في ٤٧ موقعًا في العاصمة عمان وحدها أنه يصل إلى ٧٨.٥ ديسيبل؛ مما يسبب الضيق للساكنين. كما تبين ذلك الضجيج عند التقاطعات المحكومة بإشارات ضوئية، فيتأثر بالمسافة عن خط التوقف عند الإشارة.

كما توجد مشكلات صحية مرتبطة بحركة المرور في المدن عامة، إذ إن زيادة حركة المرور -بصفة عامة- وزيادة حركة العربات بصفة خاصة، تعتبر من أهم الخصائص التي تميز التنمية في المدن، فحركة المرور تزيد بدرجة أكثر من نمو المدن، وكلما اشتدت حركة المرور أكثر وأكثر في المدن كلما زادت الضوضاء في الشوارع.

- ضوضاء السكك الحديدية:

وهي مشكلة تؤرق القاطنين بالقرب من السكك الحديدة أو محطات القطارات، حيث ارتفاع صرير عجلات القطارات على القضبان، وإن كانت مشكلة أقل تعقيدًا مقارنة بضجيج السيارات بالنسبة للسكان.

- ضوضاء الطائرات:

وتظهر هذه المشكلة للأشخاص الذين يعيشون بالقرب من المطارات بشكل عام، وإن أصبحت الطائرات الآن أقل إزعاجًا بسبب التقدم في صناعة الطائرات.

الضوضاء الاجتماعية:

أي التي تحدث في المحيط السكني، وتأتي على قمة أنواع الضوضاء. ولها عدة مصادر للانبعاث، كضجيج الحيوانات الأليفة أو الضالة كالكلاب والقطط، والضجيج الصادر عن الأعمال المنزلية اليومية،

والأصوات المرتفعة الصادرة عن الأشخاص، وأصوات الموسيقى الصاخبة كموسيقى الروك والميتال.

ضوضاء المصانع:

تعد من أخطر أنواع الضوضاء، ويكون مصدرها المصانع أو الورش، وتؤثر على العاملين في هذه الأماكن، وعلى السكان القاطنين بجوار المناطق الصناعية. وتتأثر الحواس السمعية للعاملين بالمصانع الكبيرة يومًا بعد يوم، وقد تؤدي إلى الصمم على المدى الطويل.

المصانع والورش الحرفية:

إن عالم الصناعة الذي يتجه نحو تشييد العديد من المصانع والورش بمعدلات سريعة وطاغية، إنما يتجه في الوقت ذاته نحو بناء مجتمعات تسودها الضوضاء، ويمزق هدوءها الضجيج والصخب. وتعد المصانع والورش الحرفية مصدرًا رئيسيًا للضوضاء، مثل صناعة السفن ومصانع الحديد والصلب والصناعات المعدنية، واختبارات محركات الديزل، وصناعة النسيج والزجاج والمسابك، وصناعة المراجل البخارية والمكابس والمناجم، وورش التجارة الميكانيكية وتقطيع الأخشاب ومصانع الورق والمطابع، وغيرها. وبالإضافة للمصانع توجد ورش إصلاح السيارات والسمكرة وغيرها من المحلات المقلقة للراحة، فضجيج الورش يشكل تلوثًا للبيئة يكدر راحة المواطنين، ولا سيما في المناطق القريبة منها. ويرتبط بالمصانع والورش، عمليات البناء والتشييد وخاصة مطارق أوناش البناء ودق

الأعمدة والأساسات الخرسانية، التي تتولاها شركات البناء ومقاولي التشييد الذين يستخدمون آلات ومعدات، في عمليات الحفر والبناء تسبب ضوضاء مزعجة جدًا.

ضوضاء الماء

يظهر هذا النوع من الضوضاء في البحار والمحيطات بشكل خاص، وفي الماء بشكل عام، ويتأثر بهذا النوع من الضوضاء بجانب الإنسان معظم الكائنات التي تعيش في المياه. فصوت الأمواج قد يكون مصدرًا لإزعاج البعض، كذلك محركات السفن أو حتى صوت بعض الأسماك، والتي يتأثر بها بعض الكائنات البحرية مثل الحوت. إن الأغنية التي يتغنى بها الحوت مشهورة منذ سنوات عديدة لكنها ليست مجرد أصوات يطلقها، ومن الاعتقاد القوي أن الحوت يستخدم هذه الأغنية لكي يتصل بغيره من الحيتان التي تبعد عنه مئات الأميال. وبازدياد هذه الضوضاء يزداد الخوف من عدم مقدرة الحيتان على العثور أو الاتصال أو سماع بعضهم بعضًا، الأمر الذي يؤثر على الهجرة الجماعية لهم، ومن ثم مقدرتهم على التكاثر وتعرضهم للانقراض.

أنواع التلوث الضوضائي:

- تلوث مزمن:

هو تعرض دائم ومستمر لمصدر الضوضاء، وقد يحدث ضعف مستديم في السمع.

- تلوث مؤقت ذو أضرار فسيولوجية:

وهو تعرض لفترات محدودة لمصدر أو مصادر الضوضاء ومثال ذلك التعرض للمفرقعات، ويؤدي إلى إصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلف داخلي.

- تلوث مؤقت دون ضرر:

تعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء، كضجيج الشوارع والأماكن المزدحمة أو الورش، ويؤدي إلى ضعف مؤقت في السمع يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة.

الآثار الضارة المترتبة على الضوضاء:

أعمال الحفر أحد الأعمال التي ينتج عنها ضوضاء شديدة.

لا توجد وسيلة دقيقة لتعيين نوع العلاقة بين الضوضاء والآثار الناتجة عنه؛ لأن هذه الآثار تختلف من شخص لآخر، وهي تعتمد على عدة عوامل، منها:

- **شدة الصوت ودرجته، ويتناسب التأثير وشدة الخطورة طرديًا مع فترة التعرض.**
- **حدة الصوت، الأصوات الحادة أكثر تأثيرًا من الغليظة.**
- **المسافة من مصدر الصوت، كلما قلت المسافة زاد التأثير.**
- **فجائية الصوت، فالصوت المفاجئ أكثر تأثيرًا من الضجة المستمرة.**
- **نوع العمل الذي يزاوله الإنسان أثناء تعرضه للضوضاء، مثل الأعمال التي تحتاج لتركيز شديد غير الأعمال العادية.**
- **الاضطرابات السمعية:**

إن تركيز موجات صوتية بقوة معينة على الأذن من شأنها أن تحدث تلفًا لقدرة الإنسان السمعية. فعندما يتعرض الإنسان إلى صوت شدته (٧٠ ديسيبل) يبدأ بالانزعاج منه، وعند شدة صوت تساوي (٩٠ ديسيبل) فأكثر تبدأ أعضاء الجسم في التأثر، وإذا استمرت الضوضاء لفترة طويلة أصيب الإنسان بالصمم؛ إذ تؤدي شدة الصوت العالية إلى إتلاف الخلايا العصبية الموجودة بالأذن الداخلية، وتتآكل هذه الخلايا

بالتدريج. ويعرف هذا النوع من الصمم بالصمم العصبي، ويعاني المصاب به من قلة الانتباه بالتدريج وفقدان الشعور بالأصوات المحيطة، حتى لو وصلت إلى درجة الضوضاء نفسها. وفي هذا المجال أثبتت الدراسات الحديثة التي أجريت على عمال المصانع، أنه من بين كل خمسة عمال يوجد عامل مصاب بالصمم. وهناك نوع آخر من الصمم يطلق عليه الصمم السمعي، ويتسبب عن تمزق غشاء طبلة الأذن في حالة الضوضاء الضجائية الشديدة، مثل الانفجارات (أعلى من ١٤٠ ديسيبل)، وقد يؤدي هذا النوع من الضوضاء إلى سكتة قلبية عند مرضى القلب.

- الآثار الفسيولوجية:

للضوضاء أضرار عديدة خطيرة أحيانًا، فضوضاء الشوارع بالمدن تؤثر في الدورة الدموية، إذ تتسبب في اضطرابات في وظائف القلب ورفع ضغط الدم، وتنشئ اضطرابات الجهاز العصبي المستقل ذاتيًا، مستقلًا بذلك عن الإدراك الذاتي للضوضاء. وكذلك أثناء النوم عندما لا يكون هناك إدراك للضوضاء. كذلك كثرة الإجهاد السمعي يعمل على رفع ضغط السائل المخي والحبل الشوكي.

ومما تحدثه الضوضاء أيضًا التأخير في تقلصات المعدة والنقص في إفرازها، كما توجد أمراض مصاحبة للضوضاء تتمثل في ارتفاع ضغط الدم والآلام العصبية (النورليجا)، واضطرابات في الأيض البروتيني وفي تنظيم

المواد الكربوهيدراتية. وتؤثر المثيرات السمعية على منحيات الجلوكوز؛ لذلك فإن مرضى السكر يستجيبون بحساسية أكثر للضوضاء.

- ويمكن حصر تأثير الضجيج الفسيولوجي في نقاط، هي:

الصداع، طنين الأذن، ارتفاع ضغط الدم، القرح، الأرق، أمراض التنفس المزمنة، التطور السلبي للجنين.

- الآثار النفسية:

استمرار الضجيج وارتفاع الصوت عن المعدل الطبيعي يؤدي إلى نقص النشاط الحيوي، والقلق وعدم الارتياح الداخلي، والارتباك وعدم الانسجام. فالتعرض للضوضاء لمدة ثانية واحدة يقلل من التركيز لمدة ٣٠ ثانية.

ويمكن حصر تأثير الضجيج النفسي في نقاط، هي:

العصاب الحصري، التهيج والانفعال، سلوك غير اجتماعي، العنف.

- التأثير على قدرة الإنسان الإنتاجية:

للضوضاء آثار خطيرة على أصحاب الأعمال الذهنية والفكرية، حيث نجد فروقًا محسوسة في الإنتاج بين العمل الذي يؤدى في جو هادئ، والعمل الذي يؤدي في جو مشبع بالضوضاء. فمن الثابت أن الضوضاء

تسبب حوالي (٥٠٪) من الأخطاء في الدراسات الميكانيكية، وحوالي (٢٠٪) من الحوادث المهنية، وكل ذلك يؤدي إلى خفض القدرة الإنتاجية للفرد والتأثير السلبي على الناحية الاقتصادية. وبديهي أن ضعف الإنتاج وانخفاضه يؤثر بالضرورة على الاقتصاد القومي للدولة؛ لذلك يجب أخذ هذا العامل بعين الاعتبار وتأمين بيئة سليمة خالية من التلوث، في أماكن العمل، حتى تتحقق الغاية المرجوة والهدف المنشود من العمل والإنتاج.

- طرق مواجهة الضوضاء:

توجد العديد من الطرق الفعالة والعملية التي يمكن إيجازها لخفض مستويات الصوت بالمنزل، ولذلك يجب وضع قواعد ليتبعها الأطفال والبالغين والعمال والحكومات، ومن طرق الحد من الضوضاء:

للأطفال:

يفضل توعية الطفل لتجنب استخدام اللعب التي تحدث أصواتًا عالية، وعدم استخدامها بالقرب من أذنه.

للعمال:

يفضل ارتداء سدادات الأذن عند استخدام الأدوات في الورش والمصانع أو استخدام آلة جز العشب أو ماكينات أخرى تسبب الضوضاء، أيضًا يجب الإصلاح المستمر للمكائن التي توجد بالمصانع، وبهذه الخطوة من الممكن أن يقلل أو يعدم الضوضاء، مع تشديد المراقبة

على الصناعات وتعديل العمليات للسيطرة على الضوضاء أثناء إصدار وتجديد رخص العمل.

للحكومات:

يجب إصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها بحزم لمنع استعمال منبهات السيارات ومراقبة محركاتها، وإيقاف تلك المصدرة للأصوات العالية. كذلك إصدار قوانين حسب كل وحدة إدارية بأي دولة منع استعمال مكبرات الصوت وأجهزة التسجيل في شوارع المدينة والمقاهي والمحلات العامة على سبيل المثال من الساعة ١٠ مساء حتى الساعة ٥ فجرًا.

نشر الوعي، وذلك عن طريق وسائل الإعلام المختلفة، ببيان أخطار هذا التلوث على الصحة البشرية، بحيث يدرك المرء أن الفضاء الصوتي ليس ملكًا شخصيًا.

تعتبر النباتات من أهم الطرق لامتصاص الضوضاء خصوصًا الضوضاء النبضية، إن زراعة الأشجار مثل Caesarian، بانيان، تمر هند وNeem على طول الطرق أو الشوارع العالية، يساعد في تخفيض الضوضاء في المدن والبلدات.

إبعاد المدارس والمستشفيات عن مصادر الضجيج.

إبعاد المطارات والمدن والمناطق الآهلة بالسكان مسافة لا تقل عن ٣٠ كم.

يجب أن تكون خطوط السكة الحديدية والطرق السريعة بعيدة عن المناطق السكنية قدر الإمكان.

التقليل من استعمال طرق النقل الخاصة والاتجاه إلى النقل العام.

الحد من استخدام أجهزة التنبيه في المدن.

ضرورة إقامة عوازل صوت حول المباني المنتجة لتقلل من شدة الضوضاء.

الحد من إقامة المصانع ومحطات توليد الطاقة بالقرب من التجمعات السكانية.

استعمال المنتجين لتقنيات التقلل من الضوضاء.

ضرورة إقامة حزام شجري أخضر حول المباني التي تحتاج للهدوء.

استخدام سدادات قطنية للعاملين بالمصانع الرئيسة في الضوضاء.

- الحماية التقنية للبيئة من التلوث الضوضائي:

لقد كان للتقدم العلمي آثارًا بالغة وملحوظة في مكافحة الضوضاء، من خلال التقنيات التي كشف عنها. فكما أن هذا التقدم ساعد على وجود الضوضاء، فإنه أسهم في ابتكار الوسائل والحلول لتخفيف حدة

الضوضاء. ويمكن القول أن الحماية التقنية للبيئة في مواجهة الضوضاء، تعتمد على عدة طرق أهمها:

١- تصميم آلات وماكينات أقل ضوضاءً وصوتًا، وإجراء تعديلات في تصميمها تقلل من أصواتها، ووضع صمامات لمنع خروج الأصوات المزعجة منها.

٢- التحكم في الآلات الموجودة بنفسها، بتعديل طريقة عملها، أو إضافة بعض الأجزاء الجديدة لها، والتي قد تمتص بعض الضجيج الصادر عنها.

٣- يمكن منع أو تقليل الضوضاء بتغيير الخامات المستخدمة في صناعة الآلة كاستخدام المطاط مثلًا بدلًا من الحديد، أو وضع المطاط أو مواد عازلة للصوت، على جدران المكان حتى تساعد على امتصاص جزء من ضجيج الآلات، ويعتبر حصر مصدر الضوضاء داخل جدران عازلة للصوت من الوسائل التي تستخدم بكثرة لحماية العمال في المصانع من ضوضاء الآلات والماكينات.

٤- استخدام حاميات لحاسة السمع عند العمال، بوضع واقي أذن أو سماعات تقلل من الضوضاء، وتمنع وصولها إلى الأذن الداخلية.

٥- يمكن بناء حجرات صغيرة من الزجاج العازل للصوت، يجلس بها العمال داخل العنابر في المصانع في فترات لإراحة سمعهم من الضوضاء الشديدة الموجودة بالعنبر، ويمكنهم منها مراقبة الماكينات.

٦- يجب أن تكون البيوت السكنية والمدارس ودور الحضانة والمستشفيات بعيدة عن مصادر الضوضاء، وخاصة الطرق السريعة المزدحمة بوسائط النقل وخطوط سكك الحديد.

٧- إبعاد المطارات عن المدن والمناطق الآهلة بالسكان مسافة لا تقل عن (٣٠كم)، وبناء حوائط صوتية مدرعة حول مهابط الطائرات.

٨- بالنسبة للقطارات يمكن تغطية عجلات القطارات بالمطاط، كما هو الحال في القطارات التي تسير تحت الأرض (مترو الأنفاق).

٩- بالنسبة للسيارات تكون المكافحة عن طريق تركيب وسائل عزل الضوضاء فيها، وتشجيع إنتاج كواتم صوت المحركات وأجهزة الاحتراق الداخلي، وتستطيع الدولة أن تخلق مضمارًا تتنافس فيه مصانع السيارات؛ لتخفيض مستوى الضوضاء الصادرة عن محركات السيارات بطرق عديدة مثل: تخفيض الجمارك على المواد الأولية اللازمة لذلك، وتخفيض الضرائب على تلك السيارات.

١٠- الاهتمام بتخطيط المدن وذلك بتعريض الشوارع وتشجيرها، وزيادة مساحة الحدائق المنتزهات العامة داخل المدن، وخاصة المدن الصناعية، وقد لجأت كثير من المدن إلى عمل ما يسمى بالحزام الأخضر حول المدن.

الفصل الحادي عشر

التلوث بالمبيدات الحشرية

- المبيد الحشري.
- أنواع المبيدات الحشرية.
- فوائد المبيدات الحشرية.
- أقسام المبيدات الحشرية.
- أنواع المبيدات الحشرية شائعة الإستعمال.
- أسباب انتشار المبيدات.
- الأضرار التي تسببها المبيدات.
- المقاومة البيولوجية.

المبيد الحشري

هو مبيد آفات يستخدم ضد الحشرات في جميع أطوار نموها.

إن عملية مكافحة الآفات الزراعية باستخدام أنواع من المبيدات الكيماوية، كما كانت تستخدم بعض مشتقات النباتات الطبيعية. ومن المبيدات الكيميائية التي استخدمت مخلوط بوردو الذي يتركب من كبريتات النحاس والكلس الحي والماء، ومستحضرات تتضمن الزئبق والرصاص والكبريت، ومثل هذه المبيدات تتصق بترسباتها الخاملة التي يمكن لها ان تتراكم في التربة ملوثة إياها لتغسل فيما بعد إما بالأمطار الهاطلة أو بواسطة الري بالمياه، محمولة إلى جدول الماء والأنهار مؤدية إلى موت الطحالب والأسماك. ومع ذلك فلم تكن تلك المواد الكيميائية غير عضوية ذات مخاطر كبيرة في تلويث التربة والماء.

ولقد لوحظ أنه تزداد الحاجة يومًا بعد يوم للمبيدات الحشرية بشكل كبير وتتوسع مجالات استخدامها، وتعرف بأنها مركبات عضوية وكيميائية يدخل في تكوينها الكثير من المركبات الكيميائية، مثل الزرنيخ والزئبق والرصاص والكلور والفلور والفوسفات والكبريت، ومركبات عضوية مثل مركب د.د.ت والمبيدات الفسفورية، وتستخدم المبيدات بهدف القضاء على الآفات الكثيرة التي تصيب النباتات والمحاصيل الزراعية، ولها أشكال كثيرة ومتنوعة، حيث تختلف عن بعضها في التركيب الكيميائي والحالة

الفيزيائية، كما تختلف طريقة استخداماتها وتأثيراتها، وسنقوم بتقديم فوائد المبيدات الحشرية بالتفصيل.

أنواع المبيدات الحشرية:

يوجد أنواع كثيرة منها، تختلف في أنواعها وطريقة استخدامها، وتصنف المبيدات الحشرية حسب نوع الآفة التي تكافحها وهي كما يلي:

- مبيدات الحشرات: تقضي على الحشرات بمختلف أنواعها كالبعوض والذباب والجراد وغيرها (Insecticides).
- مبيدات القوارض: تقضي على مختلف أنواع القوارض مثل الجرذان والأفاعي وغيرها (Rodenticides).
- مبيدات البكتريا: تقضي على البكتيريا وتمنع نموها وتكاثرها (Bactericides).
- مبيدات الفطريات: تقضي على مختلف أنواع الفطريات (Fungicides).
- مبيدات اليرقات: وهي مخصصة لتكافح إنتاج اليرقات ونموها (Larvicides).

فوائد المبيدات الحشرية:

للمبيدات فوائد كثيرة في مختلف المجالات، إذ إنها تمنع وقوع خسائر اقتصادية نتيجة انتشار القوارض والحشرات، وأهم فوائدها ما يلي:

فوائد المبيدات في الإنتاج النباتي:

- مكافحة الحشرات الضارة والعناكب والديدان التي تصيب محاصيل الزراعية وتقلل من إنتاجها.
- وقاية المحاصيل والمنتجات الزراعية من الإصابة بالأمراض.
- القضاء على الحشرات والآفات التي تهاجم الثمار المخزنة وتتلفها.
- تقضي على مختلف أنواع القوارض التي تهاجم الإنسان والحيوان والنبات.

فوائد المبيدات في الإنتاج الحيواني:

- رش حظائر الحيوانات ومناطق تربيتها ومحيطها؛ لتطهيرها والتخلص من الحشرات والآفات التي تتكاثر بهذه الأماكن.
- تعفير الحيوانات بمساحيق المبيدات، أو رشها أو تغطيسها في محاليل المبيدات، للقضاء على الطفيليات الخارجية المتواجدة عليها.

- طرد الحشرات الضارة باستخدام بعض المبيدات الطاردة والمنفرة لها.

فوائد المبيدات على الصحة العامة:

- مكافحة الحشرات الطائرة والزاحفة الضارة بالإنسان وبالصحة العامة، مثل الذباب والبعوض والصراصير وغيرها، والتي كان لها دور كبير في نقل الأمراض قديمًا.

- مكافحة الطفيليات على الإنسان مثل القمل بأنواعه والجرب.

- مكافحة الفئران والجرذان والقوارض بأنواعها، وطردها من المساكن.

- القضاء على الحيوانات الضالة والمفترسة التي تنقل الأمراض.

- تستخدم لتعقيم دورات المياه والمنازل والمرافق العامة والقضاء على البكتيريا والجراثيم.

- استخدام المبيدات في حفظ الملابس والسجاد، وحمايتها من بعض أنواع الآفات الضارة بها.

- حماية المجتمع من الكثير من الأوبئة والأمراض التي تنقلها الحشرات والتي كانت تستنزف حياة الإنسان وأمواله.

أقسام المبيدات:

١- مبيدات الكلورينات العضوية، أو الهيدروكربونات الكلورينية:

ومثل هذه المركبات تؤدي إلى حدوث أضرار تلويثية هامة في البيئة، ينجم عنها تسممات لمختلف الكائنات الحية التي تتعرض لها؛ ولذا توصف بأنها ملوثات سمية، وتستمد هذه المركبات آثارها من صفاتها، من الأمثلة عليها هو البنتاكلوروفينول.

٢- المبيدات الفوسفورية العضوية:

وقد تطور استعمالها في الخمسينات من القرن العشرين، وهي تستعمل الآن بكميات أكبر من الكلورينات العضوية رغم أنه أشد سمية، ذلك أن المركبات الفوسفورة العضوية غير مستقرة؛ لذا فإنها لا تستمر طويلًا في البيئة، كما أنها تتفكك حيويًا بسرعة في التربة، وهي مبيدات قاتلة بسرعة للحشرات، وذات تأثير فعال على الجملة العصبية.

أنواع المبيدات الحشرية شائعة الاستعمال:

١- عضوية طبيعية:

نيوكوتين، روتنويد، بيرثيروم.

٢- عضويات تركيبية:

الدرين، D.D.T

أ- الكلورينات العضوية:

كلوردان، ليندان.

ب- الفورسفوريات العضوية:

مالاثيون، مينازون.

أسباب انتشار المبيدات:

- تأثير سريع (سريعة المفعول).
- الحصول عليها سهل بثمن رخيص.
- طريقة الاستعمال بسيطة.
- رمي القارورات والحاويات للمبيدات.

الأضرار التي تسببها المبيدات:

- فقدان الذاكرة.
- شلل الجهاز التنفسي.
- ضعف جهاز المناعة.

- الحساسية.

- ارتفاع ضغط الدم.

- تلف الجهاز العصبي المركزي.

- الإصابة بالسرطان.

- انهيار وظائف الكبد والخلل الهرموني.

أهم المشاكل التي تحدثها المبيدات الكيميائية:

١- تأثيرها على النبات:

وجد أن استعمال المبيدات الحشرية قد تؤدي أيضًا بتأثير سلبي على النباتات، من ناحية تغير لون الورق أو شدة النتح والتأثير على عملية البناء الضوئي، فعلى سبيل المثال المبيدات العشبية استعملت لإبادة الأعشاب الضارة على جوانب خطوط السكك الحديدية والطرق العامة، وتسلك هذه المبيدات طريقين في الأثر:

أ- إعاقة البناء الضوئي.

ب- تساقط الأوراق من خلال موت الخلايا حول عنق الورقة.

٢- تأثيرها على الإنسان:

من الممكن أن تسبب المبيدات أعراض مرضية عديدة منها تأثيرها على الجهاز العصبي، وكذلك السرطان وخاصة الكبد، وتأتي من خلال التراكم في النباتات ثم الحيوانات ثم الإنسان.

٣- تأثيرها على الأسماك والطيور:

وجد في بحيرة Big Bear في كاليفورنيا أن تركيز الـD.D.T في الماء ٠.٠١٥ جزء في المليون، بينما في بعض الأسماك وجد ٠.٩٤ جزء في المليون، وفي طائر يتغذى على الأسماك وجد ٣.٩١ جزء في المليون، في حين غراب الماء والذي يتغذى على الأسماك المفترسة وجد ٢٦.٤ جزء في المليون.

٤- التأثير على الحشرات النافعة:

حيث إن المبيدات الكيميائية لا تميز بين الكائنات الضارة والنافعة، فتؤدي إلى موت الحشرات النافعة؛ مما يسبب خللًا في التوازن البيئي الطبيعي في البيئات، ومن ثَم يؤدي إلى انتشار الحشرات الضارة، وتزداد فيها أيضًا التراكم من خلال التغذية على النباتات الملوثة بالمبيد.

٥- تأثيرها على التربة:

يصل المبيد إلى التربة بعد الرش مما يؤثر على تركيب التربة والكائنات الموجودة فيها من بكتريا مثبتة للنيتروجين، واحتمالية وصولها إلى المياه الجوفية مع الأمطار وانجراف التربة.

المقاومة البيولوجية:

تعريف: هي مجموعة من الطرق تستدعي استعمال كائنات حية في سبيل خفض نسبة الأضرار التي تسببها كائنات حية أخرى، ضارة بالإنسان أو الحيوان أو المحاصيل. مثال: استوردت الولايات المتحدة الأمريكية حشرة أبو العيد لمقاومة البق الدقيقي الأسترالي المتطفل على أشجار الحمضيات في ولاية كاليفورنيا.

من أساليب المقاومة البيولوجية:

- استعمال الحشرات المفترسة والطيور وغيرها.
- استعمال الكائنات المتطفلة كالبكتريا والفيروسات والفطر.
- استعمال المواد الجاذبة أو الطاردة.
- تعقيم الحشرات الضارة (تعطيل الجهاز التناسلي).

– استعمال الهرمونات (توضع الهرمونات لتجعل اليرقة تستمر في الانسلاخ وعدم الوصول إلى العذراء).

إن استخدام المبيدات بنسبة كبيرة أصبح تهديدًا على صحة الإنسان؛ لما تتركه من آثار ضارة فيما ينتج من محاصيل. وبالرغم أن هذا الاستخدام يمثل ضرورة ملحة لزيادة الإنتاج في ظل زيادة سكانيه متواصلة، ورغبة من جانب الدولة في وجود فائض لتصديره= بالرغم من ذلك إلا أن صحة الإنسان ينبغي أن نضعها في الاعتبار. من هنا انقسم إلى فريقين أمام هذه المشكلة الصعبة، البعض يرى استخدامها بأي نسبة بشكل تأثيري تراكمي على صحة الإنسان والبيئة، بينما يرى البعض الآخر أن استخدامها بحدودها المسموح لا يشكل خطرًا على الإنسان!

الفصل الثاني عشر

التلوث بمخلفات البترول

- التلوث المائي بسبب النفط.
- تأثير التلوث النفطي على البيئة والكائنات الحية البحرية.
- الأشكال المتعددة لتفاعل النفط وانتشاره في الطبيعة.
- أثر التلوث النفطي على الهواء والصحة العامة.
- آثار التلوث النفطي على البحار والمحيطات.
- آثار التلوث النفطي على سطح المياه.
- تأثير التلوث النفطي على العوالق والطحالب والهائمات النباتية والبحرية.
- تأثير التلوث النفطي على الرخويات والمحاريات.
- تأتير التلوث النفطي على اللا فقاريات البحرية (القشريات) وباقي الأحياء البحرية.
- مصادر التلوث النفطي.
- العوامل المؤثرة على عملية المكافحة.

التلوث المائي بسبب النفط

هناك عدة طرق للتلوث المائي بسبب النفط:

١- قيام بعض ناقلات النفط بتفريغ محتويات صهاريجها من المخلفات البترولية في مياه البحار، عند غياب الرقابة الدولية والقانون الدولي، وعند الغفلة عن الله سبحانه وتعالى الذي حرم الضرر والإضرار والفساد والإفساد.

وتنتقل المواد النفطية هذه إلى السواحل، مسببة تلوث البيئة الساحلية ومؤثرة في الأحياء الموجودة في السواحل، ومؤثرة على مياه الشرب، حيث الكثير من الدول تستعمل مياه البحر للشرب بعد تحليلها والتقطير.

٢- غرق الناقلات النفطية المحملة بالنفط أو اصطدامها بالسفن الأخرى، كما حدث للناقلة إيفرتون التي تعرضت لحادث اصطدام مع سفينة الصيد الصينية (شونغ يونغ)، في منطقة رأس مدركة عند سواحل السلطنة، وتقرر أن يتم تفريغ حمولة الناقلة من النفط قبل سحبها إلى ميناء صلالة؛ وذلك خشية أن تزيد عملية التسرب النفطي بسبب وجود فتحة في الناقلة عقب تعرضها لحادث الاصطدام.

٣- تدفق زيت البترول أثناء عمليات التنقيب عن النفط في المناطق المغمورة، وهذه الطريقة غير موجودة عندنا في سلطنة عمان؛ لأننا لا

نستخرج النفط من قاع البحر، ولكن قد يحدث هناك تسرب عن طريق ضخ البترول إلى ناقلات النفط أثناء تصديره إلى الدول الأخرى، وقد يؤدي ذلك إلى موت عدد لا يحصى من طيور البحر والأسماك والدلافين والكائنات البحرية الكثيرة.

ويسبب ذلك أيضًا أمراض كثيرة للناس، حيث إن الهواء ينقل الوباء الناشئ من هذا التلوث إلى هنا وهناك. وقد حدث مثل ذلك إبان إحراق نفط الكويت، حيث إن سحبًا من الدخان تعدت المناطق المذكورة إلى أماكن مجاورة، مغطية مساحةً كبيرةً من الأراضي الإيرانية والعراقية والخليجية، وعند هطول الأمطار كانت تتساقط هذه الملوثات وتنزل على المزارع وعلى الناس.

٤- وقد يحدث التسرب بانفجار آبار النفط في البحر، أو بأجهزة إنتاج النفط الموجودة في البحر أو على الشواطئ، أو حدوث تآكل كيماوي في خطوط أنابيب النفط البحرية.

كما حدث ذلك في إحدى الحقول في خليج السويس، وكانت إسرائيل قد استنزفت هذا الحقل أيام احتلالها لشبه جزيرة سيناء، فتكونت بقعة نفطية كبيرة نتيجة هذا التسرب، فأخذت تعوم فوق مياه خليج السويس، ثم نقلتها الأمواج إلى الشواطئ المصرية المطلة على البحر الأحمر، وقد أدى ذلك إلى توقف الاصطياف والسياحة في هذه المنطقة، وماتت ملايين الأسماك والطيور والحيوانات الأخرى. وهذا لا يستبعد

حدوثه عندنا في السلطنة، وخصوصًا في ميناء الفحل إذا تم إهمال صيانة الأنابيب الناقلة للبترول أو إذا لم يتم الحذر في نقل البترول إلى السفن وغيرها من الناقلات.

٥- كما أن من أسباب التلوث في البحار إلقاء مخلفات الصناعات البترولية، فيما إذا كان مطلًا على ماء البحر أو النهر. حيث يحدث في بعض الأحيان أن تقوم بعض معامل التكرير أو محطات معالجة زيت البترول الخام، التي تعمل بالقرب من شواطئ البحار بتصريف مخلفات ونفاياتها الملوثة بزيت البترول ومشتقاته إلى المياه البحرية مباشرة، من دون معالجة أو فصل لهذا الزيت.

وقد يتبخر النفط من صهاريج البترول والغاز الطبيعي والمنتجات البترولية وينتقل إلى الجو، ثم يسقط في البحر أو في النهر أو في البحيرة مع مياه الأمطار، فيؤدي إلى تلوث مائي لا تحمد عقباه.

ويذكر أن عدة ملايين من الأطنان من الزيت الفاسد تطفو اليوم فوق المحيطات، وهو مصدر خطر خصوصًا إذا ما وصل إلى الشاطئ أو إلى أماكن غطس الطيور لصيد الأسماك، وقد كان إلى عهد قريب تنظف الناقلات في البحر مضيفة عدة ملايين أخرى إلى تلوث المحيطات، لكنه حديثًا رفض هذا الأسلوب.

وقضت بقع الزيت على كثير من القشريات والطحالب بسبب تغطية الصخور بطبقات سميكة من الزيت، ولقد كانت الخسارة الاقتصادية نتيجة

لهذا التلوث كبيرة جدًا، عندما تواجدت على سواحل البحر السياحية، ولعدة سنوات كانت بقع قطرانية تدمر بيوت المصطافين، الأمر الذي تسبب في توقف برامج السياحة والاصطياف.

ولإزالة البقع الزيتية قامت الشركات باستخدام مواد كيماوية من أجل التخلص من الزيت كيماويًا، ولكن هذه المحاولة لم تكن ناجحة، فإن المواد المستعملة فيها لا تقل في خطورتها عن بقع الزيت نفسها.

إضافة إلى الخسائر التي سببتها الزيوت، فقد غطت المياه بغبار رملي وطباشيري لامتصاص الزيت، لكن قسمًا من الزيت غاص في القاع فأصبح من المستحيل التخلص منه، وقد أثر ذلك الزيت في الأحياء الموجودة في قاع المحيط.

تأثير التلوث النفطي على البيئة والكائنات الحية البحرية

مقدمة:

تشكل المحيطات حوالي ٧١٪ من سطح الأرض، وإن حجم سكانها من المواطن هو أكبر بنحو ٣٠٠ مرة من حجم المواطن على سطح الأرض، وتشكل الأحياء البحرية قدرًا كبيرًا من الكائنات الحية، بدءًا من الكائنات المجهرية، كمعظم العوالق الحيوانية والعوالق النباتية، إلى الحيتان الضخمة التي يصل طولها إلى ما يزيد عن خمسون مترًا.

وتعتبر الحياة البحرية موردًا ضخمًا للحياة، حيث توفر الأغذية والأدوية والمواد الخام. وبشكل أساسي فإن الحياة البحرية تساعد على تحديد طبيعة كوكبنا، كما تسهم الكائنات الحية البحرية إسهامًا كبيرًا في دورة الأكسجين، وتشارك في تنظيم مناخ الأرض. والشواطئ هي جزئيًا محمية من الحياة البحرية، حتى إن بعض الكائنات البحرية تساعد على تجديد دورة الأرض.

تأثير التلوث النفطي على الكائنات الحية البحرية:

ما هـو التلوث؟

التلوث بالنفط: هو إطلاق عناصر أو مركبات أو مخاليط (غازية أو سائلة أو صلبة) مصدرها النفط إلى عناصر البيئة، التي هي الهواء والماء والتربة، مما يسبب تغييرًا في وجود هذه العناصر.

يؤدي تلوث البحار والمحيطات بالنفط إلى مجموعة كوارث حقيقية في غاية الخطورة، فمنها ما يمكن ملاحظته وحصره والسيطرة عليه منذ بداية التلوث، وخلال عدة أيام وإلى شهور، ومنها ما لا يمكن حصره والسيطرة عليه؛ لأن آثاره الخطيرة لا تظهر إلا بعد عدة سنوات، ولا يمكننا السيطرة عليها.

يتوزع ضرر التلوث بالنفط على كافة أشكال الحياة الإنسان والكائنات الحية البحرية والبرية والطيور والنباتات، ويؤدي بالنهاية إلى

موت وانقراض الملايين من الكائنات الحية البحرية، ومن كافة الأجناس والأنواع والأحجام، وإلى تعطل أغلب الخدمات الملاحية، وإلى تدمير السياحة من خلال تلويثه المياه والشواطئ، وإلى إلحاق الضرر بمحطات تحلية المياه، ووصول بعض المواد الكيميائية الناتجة من النفط إلى مياه الشرب، وإلى إنخفاض كبير في إنتاجية صيد الأسماك، كما يدمر الأيكات النباتية وعلى رأسها غابات المانجروف، بالإضافة إلى إلحاق الضرر بآلاف الأنواع من الطيور، حيث يؤدي النفط إلى قتل الطيور من خلال قتله الأحياء البحرية، كاليرقات التي يعتمد عليها في غذاؤه، وأيضًا من جراء تلوث الطيور ذاتها بالنفط عند قيامها بصيد تلك اليرقات.

بالإضافة إلى تأثيرات أكثر خبثًا وهي الوصول إلى غذاء الإنسان، حيث تتجمع وتخزن مركبات النفط في الكائنات الحية البحرية من أسماك وغيرها من الأصداف والقشريات والروبيان، وتصلنا نحن البشر عبر سلسلة الغذاء عندما يأكلها الإنسان. كما أن المركبات النفطية الخطيرة والأكثر ثباتًا تنتقل إلى الإنسان أيضًا عن طريق السلسلة الغذائية، حيث تختزن في أكباد ودهون الحيوانات البحرية، وهذه المركبات لها آثار سيئة بعيدة المدى لا تظهر على الجسم البشري إلا بعد عدة سنوات.

وفي الوطن العربي أصبحت مشكلة تلوث الشواطئ والبحار خطرًا داهمًا على النشاط البشري والاقتصادي، يؤرق المهتمين بشؤون البيئة، حيث إن أكثر من نصف السكان العرب يعيشون على امتداد المناطق الساحلية والبحرية، وهم بذلك يعتمدون على مياه البحر في مجالات

السياحة والاصطياف، وتحلية مياه البحر نتيجة لندرة المياه العذبة، بالإضافة إلى استخدام البحر كمصدر للغذاء واستخراج المعادن. وإن البحار المطل عليها الوطن العربي (البحر المتوسط، البحر الأحمر، الخليج العربي) تعتبر من أكثر البحار تلوثًا؛ وذلك لأنها بحار شبه مغلقة، حيث إن مياهها لا تتجدد إلا بعد حوالي مئة سنة أو يزيد، بالإضافة إلى كثافة حركة الملاحة، واستخدام هذه البحار كمستودعات للملوثات الأخرى، مثل القمامة ومياه الصرف الصحي.

الأشكال المتعددة لتفاعل النفط وانتشاره في الطبيعة:

يتميز النفط بقدرته العالية على التفاعل والانتشار بعدة أشكال، والوصول إلى الهواء وإلى التربة وإلى المياه العذبة وإلى البحار أو المحيطات، وبعدة أشكال مختلفة تعتمد على العديد من العوامل الحيوية والفيزيائية والجوية، مع العلم بأن كافة هذه الأشكال هي في غاية الخطورة، وقد يجتمع في موقع ما شكل واحد أو أكثر أو كافة الأشكال، وكلما زادت عدد تلك الأشكال كلما زادت الصعوبة من التخلص منه.

والأشكال المتعددة لتفاعل النفط وانتشاره في الطبيعة هي:

الانتشار (spreading)، والانجراف (Drifting)، والتبخر (Evaporation)، والتفكك والتحلل الطبيعي (Natural Dispersion)، وتشكله على شكل مستحلب (خليط ماء ونفط) (water in oil Emulsification)، والذوبان (Dissolution)، والأكسدة

(Oxidation)، والترسب (Sedimentation)، والتحلل البكتيري (Biodegradation).

آثار التلوث النفطي على الهواء والصحة العامة :

إن احتراق النفط يؤدي إلى انبعاث العديد من أخطر الغازات من المركبات السامة والضارة بصحة الإنسان.

ينتج عن احتراق النفط مجموعة كبيرة من الغازات السامة والضارة بصحة الإنسان، وبكافة أشكال الحياة والبيئة، ونذكر منها أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، وكبريتيد الهيدروجين والمركبات الهيدروكربيونية، ونسبة عالية من السخام (٢٠–٢٥٪)، واحتراق الأملاح ككلوريد الصوديوم وأملاح الكالسيوم والبوتاسيوم.

آثار التلوث النفطي للهواء على الصحة العامة :

إن الدخان الكثيف للنفط المحروق يحمل المواد الهيدروكربونية والآروماتية والسخام، والتي لها الأثر الكبير الضار على الصحة العامة، والتي تسبب أمراض الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والسرطانات. كما تسبب الولادة المبكرة والإجهاض والعيوب الخلقية لدى حديثي الولادة، والأمراض كالطفح الجلدي ومشاكل في الذاكرة والصداع والخمول وضعف المناعة.

آثار التلوث النفطي على التربة:

يعتبر النفط من أخطر مصادر تلوث التربة، وتحويلها إلى تربة عقيمة غير صالحة للحياة النباتية والحيوانية ولجميع الكائنات الحية.

هنالك عدد كبير من المركبات الضارة التي يحتويها النفط الخام، والتي تؤدي جميعها إلى تلويث بيئة الأرض والمياه، والتي تكون على شكل ملوثات نفطية عضوية سامة أو ملوثات نفطية غير عضوية سامة، والتي تضم العديد من المركبات الخطرة مثل مركبات الفينول، مركبات السيانيد، مركبات الكبريتيدات، أيونات المعادن السامة، المواد الذائبة والعالقة، والمواد الهيدروكربونية. وكافة تلك المواد السابقة تعمل على تدمير كافة أنواع الأتربة، ومنها التربة الزراعية الخصبة، وتحولها إلى تربة عقيمة لا نفع منها.

فالنفط السائل يعمل كحاجز كتيم بين حبيبات التربة والهواء، ويؤدي إلى تسمم وموت كافة محتويات التربة من كائناتها الحية، وإلى تدهور النباتات والحيوانات والحشرات ومن ثَم موتها؛ مما يسبب إخلالًا تامًا في النظام البيئي. كما للنفط تأثير سمي مباشر على النباتات والأشجار المزروعة وبكافة أنواعها وأحجامها، كما يشكل النفط الملتصق بالمجموع الخضري عازلًا يمنع التبادل الغازي بين النباتات والهواء الجوي ويؤدي بالنهاية إلى موتها.

آثار التلوث النفطي على البحار والمحيطات:

تأثير التلوث النفطي على الثروة السمكية وصيد الأسماك:

يؤدي تلوث البحار والمحيطات بالنفط إلى إلحاق الضرر بكافة الكائنات الحية البحرية دون استثناء، الحياة المجهرية والنباتات والطحالب واللا فقاريات البحرية والأسماك، والزواحف والثدييات البحرية والشعاب المرجانية وطيور البحر، والتي تعيش بكافة الأعماق من (القاعية أو التي تعيش قرب القاع أو التي تعيش قرب السطح)، وينتج عن ذلك خسارة فادحة بكافة هذه الكائنات، وبالثروة السمكية لمنطقة التلوث والمناطق المجاورة لها، وإلى انخفاض كبير جدًا في إنتاجية صيد الأسماك التي يعتاش منها ملايين البشر، نظرًا لعدة أسباب:

١- نفوق كميات هائلة من الأسماك، وبكافة الأنواع والأعمار نتيجة التسمم أو الاختناق بالنفط.

٢- نفوق بيض ويرقات العديد من الأسماك، التي تعيش في مناطق قريبة من سطح البحر أو تقطن الطبقات العليا منه.

٣- عزوف الناس عن شراء الأسماك؛ خوفًا من أخطار استهلاكهم للأسماك الملوثة.

٤- عدم تناول الأسماك لرداءة طعمها لفترة زمنية طويلة.

٥- توقف الصيادين عن الصيد في المناطق الملوثة خشية تلف معداتهم.

آثار التلوث النفطي على سطح المياه:

إن انتشار النفط على سطح الماء يشكل طبقة تمنع التبادل الغازي، كما تمنع وصول الضوء الكافي للهوائم النباتية، مما يسبب خلل في السلسلة الغذائية. وهذا يؤدي إلى انخفاض حاد في المخزون السمكي. كما يؤدي تدفق النفط إلى تلوث المياه الجوفية، خاصة عندما تكون التكوينات المائية شديدة النفاذية، مما يجعل من السهل تسرب النفط إلى هذه التكوينات خاصة بمصاحبة مياه الأمطار.

تأثير التلوث النفطي على العوالق والطحالب والهائمات النباتية البحرية:

إن مجموعة الطحالب والهائمات البحرية، والكائنات النباتية الدقيقة من العوالق النباتية، تمد الارض بالجزء الأكبر من الأكسجين الذي نتنفسه، إذ تطلق ما يزيد عن ١٥٠ مليار كيلوجرام من الأكسجين سنويًا. وتشكل المصدر الأساسي للسلسلة الغذائية لكافة الكائنات الحية في البحار والمحيطات، كما تعتبر هذه المجموعة من أهم المنتجين المتعددين الأساسيين على وجه الأرض.

وفيما يلي نذكر بعضًا من تأثيرات التلوث النفطي على العوالق والطحالب والهائمات النباتية البحرية:

١- تعتبر الطحالب والكائنات وحيدة الخلية والهائمات النباتية مصادر غذائية هامة، غنية بالأحماض الأمينية والدهنية، سهلة الامتصاص لكافة أنواع الأسماك بشكل عام ويرقاتها بشكل خاص، وبفقدها تفقد الأسماك الغذاء مما يؤدي إلى ضعفها وموتها في أغلب الأحيان.

٢- تعتبر الهائمات النباتية المسؤول الأول عن تثبيت الطاقة وإنتاج الأوكسجين في البيئة البحرية بوساطة عملية التركيب الضوئي.

٣- تدخل الملوثات النفطية إلى البنية الخلوية للملايين من الكائنات الحية النباتية الكبيرة منها والدقيقة، ومن ثم تصل إلى الأسماك عن طريق تغذية هذه الأسماك على تلك النباتات، وبالنهاية تصل إلينا نحن البشر من خلال استهلاكنا لتلك الأسماك، فنلاحظ أن تلوث البحار والمحيطات بالنفط لا يؤثر فقط على مجموعة أو نوع واحد من الكائنات الحية، بل يؤثر على كافة الأحياء، وفي كل بقعة من كرتنا الأرضية.

تأثير التلوث بالنفط على الرخويات والمحاريات:

تعتبر شعبة الرخويات أحد شعاب الكائنات الحية الهامة المكونة للنظام البيئي البحري، حيث تتغذى عليها بعض الكائنات البحرية، بينما تتغذى هي على بعض الأنواع الأخرى، مثل الهائمات النباتية والحيوانية وبعض الأسماك، لتدخل في منظومة السلسلة الغذائية، بالإضافة لأهمية

بعضها الاقتصادية التي لا تخفى على أحد، مثل محاريات (اللؤلؤ)، كما أن لبعضها قيمة غذائية وطبية عالية.

ويعتبر التلوث بالنفط من أكثر المخاطر التي تهدد كافة أنواع الرخويات في البحار والمحيطات، فهو يؤثر عليها من جوانب حياتية متعددة، والتي نذكر منها ما يلي:

١- يؤدي إلى نفوق كبير بأعداد الرخويات.

٢- يؤدي إلى انخفاض عملية الإخصاب عند الرخويات.

٣- يؤدي إلى انخفاض في قابلية وكفاءة هذه الأحياء البحرية على الحركة والسباحة.

تأثير التلوث بالنفط على اللافقاريات البحرية (القشريات) وباقي الأحياء البحرية:

تذخر المحيطات والبحار بتنوع أولويات عمليات مكافحة التلوث النفطي:

المحافظة على الأرواح، حماية البيئة، حماية الموارد الاقتصادية والحيوية.

مصادر التلوث النفطي:

مصادر طبيعية: (تسربات من باطن الأرض Natural Oil Seeps)

مصادر صناعية:

ناقلات النفط (الحوادث، التسربات، التفريغ، التحميل والتعبئة)، أعمال التنقيب عن البترول، المصانع.

العوامل المؤثرة في عمليات المكافحة:

نوعية وكمية الزيت المنسكب.

الأحوال الجوية.

مكان الانسكاب أو التسرب.

المتطلبات التنظيمية.

عدد العاملين في فريق المكافحة.

أنواع النفط:

تختلف أنواع النفط حسب خصائصها الكيميائية والفيزيائية من حيث:

(اللزوجة – التطاير – الخطورة السمية.. وغيرها) والأنواع هي:

- نفط خفيف جدًا Very light Oil (كوقود الطائرات – والبنزين).
- النفط الخفيف Light Oil(كالديزل – الوقود رقم ٢ – الخام الخفيف).
- النفط المتوسط Medium Oil (أغلب النفط الخام).
- النفط الثقيل Heavy Oil (الخام الثقيل – الوقود رقم ٦).

خصائص وكيفية تفاعل النفط المتسرب:

الانتشار (spreading)

الانجراف (Drifting)

التبخر (Evaporation)

التفكك – التحلل الطبيعي (Natural Dispersion)

مستحلب– خليط ماء ونفط (water in oil Emulsification)

الذوبان (Dissolution)

الأكسدة (Oxidation)

الترسب (Sedimentation)

التحلل البكتيري (Biodegradation)

كيفية الحماية والمكافحة:

ميكانيكية (Mechanical)

كيميائية (Chemical)

الإحراق بموقع بقعة الزيت (In Site Burning)

تنظيف الساحل (Shoreline Clean-up)

المعالجة والتخلص من المخلفات (Waste handling and disposal)

عمل لا شيء (do nothing)

أولا: المكافحة الميكانيكية:

١. الحواجز المطاطية (Oil Booms)

تستخدم الحواجز المطاطية لعدة أغراض وهي:

الحماية (كحماية مآخذ المياه).

منع النفط من الانتشار أكثر (كعمل حاجز حول السفن).

تغيير الاتجاه للنفط المنسكب (بعيدًا عن المناطق الحساسة كالشواطئ).

تجميع للنفط المنسكب (للمساعدة في عملية الكشط).

٢. كاشطات الزيت (Oil Skimmers):

للقيام بعملية كشط الزيت فوق سطح الماء

ومن أنواعها:

Weir Skimmers – Oleophilic Skimmers - Vacuum Skimmers – Belt Skimmers

ثانيًا: المكافحة الكيميائية:

وهي عملية رش لبقعة الزيت بمواد كيميائية تسمى المشتتات (Dispersants)، أو مواد تساعد على توزع جزيئات الزيت المنسكب، ومن ثم تحيط هذه المشتتات بالزيت وتستقر تحت الماء، وتستخدم لتقليل الأضرار البيئية، ويعتمد استخدامها على أماكن معينة وليس دائمًا؛ لذلك لا بد من أخذ الموافقة من الجهات المختصة (مصلحة الأرصاد وحماية البيئة) لاستخدامها.

كذلك من العمليات الكيميائية الوسيط الحيوي (Bioremediation)، وتستخدم لتسريع عملية التحلل البكتيري بإضافة وزيادة نسبة المغذيات (Nutrients) النيتروجين والفسفور، وخاصة النيتروجين ضروري لزيادة أعداد البكتيريا للقيام بعملية التحلل.

ثالثًا: الإحراق بموقع بقعة الزيت:

الهدف من إحراق الزيت هو إزالة بقعة الزيت من سطح الماء، ويتم ذلك بتجميع بقعة الزيت وإحاطتها بحواجز مقاومة للحريق ومن ثم إحراق البقعة في مكانها. وتخضع عملية الإحراق لإجراءات وقائية لتحديد فاعلية استخدامها، وعادة ما تكون هذه العملية آخر حلول المكافحة، وبعد موافقة الجهات المختصة متمثلة بمصلحة الأرصاد وحماية البيئة.

رابعًا: تنظيف الساحل:

تعتبر عملية تنظيف السواحل المتضررة بالزيت من أعقد عمليات المكافحة وأعلاها من ناحية التكاليف؛ نظرًا لخصائص الزيت وصعوبة استخلاصه وتنظيف الساحل منه. وتستخدم في أعمال التنظيف عدة معدات، ويعتبر من أعمال المكافحة الميكانيكية، ومنها معدات الحفر والتجميع اليدوية، وكذلك المعدات الثقيلة كسيارات الشفط ومضخات الماء والبخار، وحاويات تجميع الزيوت ومخلفاتها وغيرها.

خامسًا: المعالجة والتخلص من المخلفات:

تترك حوادث انسكاب الزيوت كميات هائلة من المخلفات، وكذلك كميات كبيرة من الزيوت مختلطة بالماء، فيجب مراعاة تجميعها أولًا بأول، وتوفير المرادم المؤقتة والمعدات اللازمة ليتم التخلص منها بصورة سليمة بيئيًا.

سادسًا: عمل لا شيء:

من الأفضل في بعض حالات التسرب النفطي عمل لا شيء، وترك الزيت يتحلل طبيعيًا بواسطة حركة الأمواج أو بواسطة المد والجزر. وتتبع هذه الطريقة بعد دراسة آثار الزيت المنسكب والمنطقة المتواجد فيها ومدى جدوى عمليات المكافحة، ويتم على ضوء ذلك التقرير من قبل الجهة المختصة متمثلة بمصلحة الأرصاد وحماية البيئة، عن كيفية المكافحة أو ترك الزيت ليتحلل طبيعيًا.

ويتأثر كم هائل من الحيوانات اللا فقارية، التي تتباين في أشكالها وأحجامها تباينًا كبيرًا والتي تتراوح أحجامها ما بين الميكروسكوبية مثل (البروتوذا)، وإلى العملاقة مثل قنديل البحر العملاق، الذي يصل قطر مظلته مترين وطول لوامسه حوالي ٣٠ مترًا، ووزنه حوالي طن، وجيع هذه الكائنات الحية الهامة تتأثر بشكل كبير من التلوث بالنفط.

تختلف شدة إصابة وتأثير التلوث النفطي على مجموعة واسعة من القشريات ومنها الروبيان والسرطانات، وذلك بحسب أماكن قربها أو بعدها عن مكان التلوث، وبحسب عمر تلك القشريات، ونلاحظ الحالات التالية:

١- تتعرض مجموعة القشريات إلى الموت وبكافة أطوار حياتها (البالغة أو الفتية أو البيوض) التي تتواجد تحت التأثير المباشر مع الملوثات النفطية.

٢- القشريات البعيدة التي ليست تحت التأثير المباشر مع الملوثات النفطية كسابقتها فيمكنها الهروب وتبقى حية.

٣- صغار ويرقات وبيوض القشريات التي لا تستطيع الفرار فتؤدي الملوثات النفطية إلى موتها.

كما تعتبر شوكيات الجلد وخيار البحر من أكثر الأحياء حساسية وتأثرًا بالنفط المتسرب في البحار والمحيطات، والذي يؤدي إلى موتها وبالتالي انقراضها، كما تتأثر بشكل كبير كل من الحيوانات الفقارية التي تتنفس مثل الأفاعي والسلاحف والدلافين، والتي وجد أن الكثير منها يصعد إلى الشاطئ ليموت هناك، بعد إصابته بعدة حالات صحية خطيرة مثل: صعوبة في التنفس والالتهابات الجلدية والنزف الداخلي، والتي تؤدي جميعها بالنهاية إلى موت تلك الكائنات الحية داخل الماء أو على الشاطئ.

بالإضافة إلى تأثر وموت العديد من كافة أنواع الثدييات البحرية، مثل الحيتان والعرائس التي تشمل (خروف البحر، والأطوم)، وعجول البحر التي تشمل كافة أنواع الفقمة (أسد البحر وفقمة الفراء والفظ). وأوتر البحر الذي يشمل (ابن عرس والبادجر) والدبب القطبية.

آثار التلوث النفطي بيئيًا واقتصاديًا:

آثاره السامة:

يعتبر النفط ومشتقاته ذو خطورة سمية عالية؛ نظرًا لانبعاث الغازات عند التبخر، أو تحلل جزيئات النفط المنسكب، وكذلك لاحتواء النفط وخصوصًا النفط الخام على غازات سامه أخرى، ككبريتيد الهيدروجين (H2S) وغيره.

آثاره على الحياة البحرية:

يؤثر النفط ويضر بالأحياء البحرية مما يسبب تسممها أو نفوقها، ويكون الضرر عند تسرب النفط لحظي أو طويل المدى، فالضرر اللحظي يلحق الحيوانات البحرية والنباتات على سطح الماء (كالطيور أو نبات المانقروف) أو الحيوانات القريبة من السطح (كعجول البحر)، أما بالنسبة للضرر طويل المدى فيكون عند تحلل النفط وتأثيرة على السلسلة الغذائية لهذه الأحياء البحرية.

آثاره على الصناعة:

للنفط المتسرب آثاره على المصانع ومصافي النفط، لخطورة الحرائق أو الانفجارات، وكذلك التأثير الأكبر يهدد محطات التحلية، وذلك لإمكانية اختلاط مياه الشرب بالمواد الهيدروكربونية السامة؛ مما يتسبب بإيقاف تشغيل تلك المحطات ولفترات قد تطول.

آثاره الاقتصادية:

للتسرب النفطي آثار اقتصادية كبيرة، من توقف للإنتاج وتأثير على الثروة السمكية والتكاليف الباهظة للمكافحة وتنظيف الشواطئ المتضررة.

الفصل الثالث عشر

التلوث النووي

- التلوث النووي ما هو.
- الآثار البيولوجية.
- مصادر التلوث الإشعاعي.
- المصادر الطبيعية.
- المصادر الصناعية.
- أضرار وأخطار التلوث النووي.

عندما يتعرض أي كائن حي إلى الإشعاعات النووية يحدث تأينًا للذرات المكونة لجزيئات الجسم البشري، مما يؤدي إلى دمار هذه الأنسجة مهددة حياة الإنسان بالخطر. وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات على عدة عوامل، منها نوعها وكمية الطاقة الناتجة منها وزمن التعرض. ولهذه الإشعاعات نوعان من الآثار البيولوجية:

الأثر الأول:

يكون جسديًا، ويظهر غالبًا على الإنسان، حيث يصاب ببعض الأمراض الخطيرة مثل سرطان الجلد والدم وإصابة العيون بالمياه البيضاء ونقص القدرة على الإخصاب.

الأثر الثاني:

الإشعاعات هي الأثر الوراثي، وتظهر آثاره على الأجيال المتعاقبة، ويظهر ذلك بوضوح على اليابانيين بعد إلقاء القنبلتين النوويتين على هيروشيما ونجازاكي في سبتمبر ١٩٤٥، مما أدى إلى وفاة الآلاف من السكان وإصابتهم بحروق وتشوهات وإصابة أحفادهم بالأمراض الخطيرة القاتلة. ويجب مراعاة عدم تعرض المرأة الحامل للأشعة السينية كوسيلة للتشخيص؛ حتى لا تصيب الطفل بالتخلف العقلي. والحد الأقصى المأمون للإشعاعات النووية الذي يجب ألا يتجاوزه الإنسان هو ٥ ريم في

اليوم الواحد، والريم وحدة قياس الإشعاع الممتص، وهي تعادل رنتجن واحد من الأشعة السينية وهي تعنيRoentgen Equivalent Man، ويتعرض الإنسان إلى الكثير من مصادر الإشعاع في الحياة اليومية.

ولا ننسى في هذا الصدد تعرض الإنسان للأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجي، وتعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة، سواء في مجالات الطب والصناعة والزراعة، وتعرض العاملين في المفاعلات النووية والعاملين في المناجم التي يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم.

ومن العوامل الرئيسية المسببة للتلوث النووي ما يحدث في دول النادي النووي، من إجراء التجارب، وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية بهدف تطوير القنبلة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها، وقد أدت التجارب إلى انتشار كميات كبيرة من الغبار الذري المشع في مناطق إجراء التجارب، وتحمل الرياح هذا الغبار المشع إلى طبقات الجو العليا، والذي يحتوي على بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم ١٣٧ والاسترونشيوم ٩٠ والكربون ١٤ واليود ١٣١، وغيرها من النظائر والتي يستمر نشاطها الإشعاعي فترة طويلة من الزمن ليتساقط فوق كثير من المناطق البعيدة عن موقع التجارب، حيث تلوث الهواء والماء والغذاء، وتتخلل دورة السلسلة الغذائية حيث تنتقل إلى الحشرات والنباتات والطيور والحيوانات، وأخيراً تصل إلى الإنسان. وأغلب النظائر المشعة يستمر النشاط الإشعاعي لها

فترة طويلة من الزمن، الأمر الذي يضاعف من أضرار التلوث على كافة عناصر البيئة.

وقد أدى انتشار المحطات النووية إلى ظهور المشاكل ذات التأثير الضار على كافة عناصر البيئة؛ نتيجة النفايات النووية، ويقاس النشاط الإشعاعي لهذه النفايات بما يعرف بالكوري، وهو النشاط الإشعاعي الذي ينتج من جرام واحد من عنصر الراديوم ٢٢٦، ويتوقف الأثر الضار لما تسببه من أضرار جسيمة بعناصر البيئة.

ومن النفايات التي تنتج من محطات توليد الطاقة إشعاعات بيتا وجاما، وهذه الإشعاعات ليس لها خطورة كبيرة لصغر حجمها النسبي وأخرى قوية الإشعاع تشمل الكثير من النظائر المشعة، والتي تشع جسيمات ألفا مثل النبتونيوم والبلوتونيوم، وهذه النظائر عالية النشاط الإشعاعي، وذات فترة عمر النصف فائقة الطول، حيث يستمر نشاطها الإشعاعي لفترة طويلة جدًا من الزمن.

ويتم التخلص من النفايات النووية بعدة طرق تختلف وفقًا لقوة الإشعاعات الصادرة منها الضعيفة والمتوسطة، توضع بعد تبريدها في باطن الأرض، حيث تحاط بطبقة من الإسمنت أو الصخور، وأحيانًا تقوم بعض الدول بإلقائها في مياه البحار والمحيطات.

أما النفايات ذات الإشعاعات القوية فتوضع في الماء لتبريدها، ثم تدفن على أعماق كبيرة في باطن الأرض وفي أماكن بعيدة عن العمران.

وهناك طريقة حديثة للتخلص من النفايات النووية القوية، حيث تحفظ في مواد عازلة من الخزف أو الزجاج من نوع البوروسيلكات، ويتم ذلك بخلط النفايات مع مادة مكلسة ثم تصهر عند درجة حرارة عالية، ويصب الخليط في أوعية من الصلب غير قابل للصدأ، وتدفن على أعماق كبيرة تحت سطح الأرض مع أخذ الحيطة، حيث إنها تظل مصدر خطر لفترات طويلة.

وهناك نوع آخر من التلوث تحدثة المحطات النووية، وهو التلوث الحراري وينتج عن استخدام مياه المحيطات أو البحار أو الأنهار بكميات كبيرة لتبريد المفاعل، والتي تلقى في المصدر بعد ذلك، فترتفع درجة حرارتها، محدثة خللًا بالنظام البيئي Ecosystem، والإضرار بكافة الأحياء المائية التي تعيش في المياه، حيث تقلل من نسبة الأكسجين المذاب في الماء اللازم لحياة الكائنات البحرية. وللتغلب على هذة المشكلة وضعت بعض الدول قوانين خاصة تلزم هذه المحطات بتبريد المياه الساخنة قبل إلقائها في البحار أو البحيرات، كما أن بعض المحطات أنشأت لها بحيرات صناعية تستخدمها لأغراض التبريد.

وبعد، وقد استعرضنا أثر التلوث البيئي بأنواعه المختلفة على كافة عناصر الطبيعة من هواء وأرض ومياه، وما يسببه من أضرار خطيرة وقاتلة على كافة المخلوقات من إنسان وحيوان ونبات وجماد، فقد لزم الأمر أن تتضافر الجهود سواء على مستوى الإنسان الفرد والجماعات والدول؛ لدرء هذا الخطر المحدق بنا جميعًا فوق كوكبنا الأرض، وذلك بالتعاون

الوثيق واتباع كافة السبل في القضاء على كل مسببات التلوث البيئي؛ حتى يتسنى للبشرية جمعاء أن تحيا الحياة الأفضل والآمنة في ظلال قيم الحب والخير والجمال.

مصادر التلوث الإشعاعي

أولا : المصادر الطبيعية :

١- الأشعة الكونية :

وهي الأشعة التي تفد إلينا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ومصدرها المجرات والشمس، وتقسم إلى ثلاثة أنواع:

– الأشعة الكونية الأولية: وتتألف من ٨٧٪ بروتونات و١٢٪ جسيمات ألفا و١٪ نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد على ارتفاع ٥٠كم فأكثر، وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.

– الأشعة الكونية الثانوية: وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات وإلكترونات وبروتونات ونيترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض، فهي تتواجد على ارتفاع ٢٠ كم فأقل. وفيما بين هذين الارتفاعين نجد خليطاً من نوعي الأشعة.

– الأشعة الشمسية: وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نيرانية، تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها.

٢- البيئة الأرضية:

تنتشر المواد المشعة في القشرة الأرضية المواد انتشارًا كبيرًا، وتعطي جرعة إشعاعية للإنسان تزيد أحيانًا عن الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية، على سبيل المثال: اليورانيوم والثوريوم.

٣- مواد مشعة قريبة من سطح الأرض:

هي مواد مشعة غازية مثل الكربون والرادون والثوريون، ويلاحظ أن الرادون والثوريون هما ناتجان عن تحليل اليورانيوم والثوريوم، ويوجدان أصلًا في التربة على هيئة غازية، ومنها يصعدان إلى الهواء على ارتفاع أقصاه متران.

٤- مواد مشعة موجودة بالمياه:

تنتشر كثير من المواد المشعة في مختلف أنواع المياه، ويعتمد ذلك على نوع المياه ومصدرها، فمياه البحار تحتوي على أعلى تركيز لمادة بوتاسيوم ٤٠ (٣٠٠ ميكروكوري في اللتر)، أما مياه النافورات فتزداد فيها نسبة الرادون. ويعتبر اليورانيوم أكثر العناصر المشعة التي توجد في المياه

الجوفية، حيث تتراوح تركيزاته في العادة ما بين ٥-١٠ جزء من البليون، أما بالنسبة للمياه الجوفية التي تمر خلال صخور غنية باليورانيوم فعادة ما تحتوي على تركيزات تفوق ٢٠٠ جزء من البليون.

ولكن سجلت في بعض مناطق العالم تركيزات وصلت إلى ١٨ جزء من المليون (وهي نسبة عالية جدًا)، كما أن من أكثر العناصر المشعة التي تتواجد في المياه الجوفية الرادون، وهو عبارة عن غاز عديم اللون والطعم والرائحة، وله نصف عمر قصيرًا جدًا يبلغ حوالي (٣.٨يوم)، كما أنه سهل الذوبان في الماء، ومع ذلك يعتقد أنه لا يسبب مشاكل صحية، إلا أنه يتصاعد على هيئة غاز عندما يتم تحريك المياه التي يكون مذابًا فيها.

ثانيا: المصادر الصناعية:

١- التفجيرات الذرية.

٢- المفاعلات الذرية.

٣- المصادر الإشعاعية للأغراض الطبية:

استخدمت المصادر الإشعاعية في الأغراض الطبية مثل التشخيص والعلاج بالأشعة السينية والعلاج الإشعاعي.

٤- المصادر الإشعاعية الصناعية:

مثل التصوير الإشعاعي وتعقيم الأطعمة والأدوية بواسطة الإشعاع.

والتلوث النووي يرجع تاريخه الحقيقي إلى أواخر الحرب العالمية الثانية عندما ألقيت أول قنبلة نووية على مدينة هيروشيما في سنة ١٩٤٥ فقتلت وشوهت معظم سكانها، وحتى من نجوا منهم ظلوا يعانون من آثار الإشعاع النووي طول حياتهم. ومنذ ذلك الوقت تسابقت الدول الكبرى في تطوير القنابل النووية، وفي إجراء التجارب عليها، مما هدد جو الكرة الأرضية كلها بالتلوث النووي، مما حمل الدولتين العظميين (وهما أمريكا والاتحاد السوفيتي) على الاتفاق على التوقف عن إجراء التجارب النووية في الجو، والاكتفاء بإجرائها تحت الأرض، ولكن بقية الدول التي دخلت ميدان السباق النووي، وهي بريطانيا وفرنسا والصين والهند لم تلتزم بهذا الاتفاق وأجرت تجاربها في الجو.

أخطار التلوث النووي وأضراره

الأخطار الصحية:

تأثير الإشعاع على صحة الإنسان

للإشعاعات النووية تأثيرات آنية، وأخرى تظهر على المدى البعيد، كما أن هذه التأثيرات لا تكون ملاحظة إلا إذا تجاوزت العتبة المسموح بها من الإشعاعات. من بين الآثار السلبية غير الملاحظة، هناك التغيرات التي تطرأ على جزيء الـDNA من انكسارات وتحولات في القواعد الآزوتية؟

(طفرات). كما أن الإشعاعات النووية تؤدي إلى تفكيك جزيئة الماء داخل الجسم.

أخطار بيئية:

للإشعاعات النووية كذلك آثار سلبية على الكائنات الحية وعلى البيئة، وذلك حسب الجرعات وحسب الأنواع. ينتج هذا التلوث غالبًا عن التجارب النووية، حيث تحمل الرياح الغبار المشع الذي يعتبر من الإشعاعات الاصطناعية، ليتساقط فوق عدة مناطق مجاورة، كما أن هذه العناصر المشعة تنتقل عبر السلاسل الغذائية، فتؤثر سلبًا على الكائنات الحية.

على الرغم من المزايا الكثيرة للإشعاعات النووية للإنسان في عدة مجالات، إلا أن لها أضرار تفوق كل التوقعات على جميع الكائنات الحية وجميع الأوساط البيئية.

الحوادث النووية:

من أبرز الأمثلة التي توضح أخطار التلوث النووي، نجد حادثة تشرنوبيل Tchernobyl في ٢٦ أبريل ١٩٨٦، والتي حدث خلالها انفجار مفاعل نووي لهذه المحطة، مع اكتساح نواتج التفتت النووي للهواء والماء والتربة خاصة السيزيوم Cs١٣٧ واليود ١٣١.

بعد انفجار المفاعل النووي الذي وقع في تشرنوبل، بفعل الرياح التي ساعدته غير مسار السحابة الإشعاعية النشاط (مخلفات الانفجار النووي). وخلفت الانفجارات والحرائق تلك السحابة القاتلة من الإشعاعات النووية التي انتشرت في أوكرانيا وجارتيها روسيا البيضاء وروسيا، حتى وصلت إلى Briansk رغم أنها بعيدة.

إشكالية النفايات النووية:

تعد النفايات النووية نفايات خاصة، بسبب توفرها على عناصر إشعاعية النشاط، تحتفظ بخاصية التناقص الإشعاعي رغم استعمالها السابق في ميدان إنتاج الطاقة النووية، وبالتالي تطرح إشكالية التخلص منها دون الإضرار بصحة الإنسان والأوساط البيئية.

أصناف النفايات النووية:

يرتبط مستوى التلوث الذي قد تتسبب به النفايات النووية في صنف هذه الأخيرة والذي يرتبط بمستوى إشعاعها ومدته، حيث نجد:

- نفايات ذات نشاط ضعيف جدًا: ناتجة عن تفكيك المفاعلات النووية، نسميها الصنفTFA (TRES FAIBLEMENT ACTIF TFA).

- نفايات ذات نشاط ضعيف إلى متوسط وعمر قصير: وهي ناجمة عن معدات المختبرات والمستشفيات والصناعات التي تعتمد النشاط الإشعاعي في عملها، ونسميها نفايات من الصنف A.

– نفايات ذات نشاط ضعيف وعمر طويل: ناتجة عن معدات معالجة الأورانيوم داخل المحطات النووية، ونضمها إلى الصنف B.

– نفايات ذات نشاط مرتفع وعمر طويل جدًا (آلاف وملايين السنين): ويكون مصدرها قلب المفاعل النووي وتشكل الصنف c.

إشكالية تدبير النفايات النووية:

تختلف طريقة تدبير النفايات النووية حسب شدة نشاطها وعمره.

النفايات ذات النشاط الإشعاعي الضعيف والعمر القصير: تخضع للمعالجة ثم تطرح في البيئة، تتمثل هذه المعالجة في وضع هذه النفايات في حاويات زجاجية إلى غاية انخفاض نسبة نشاطها الإشعاعي.

النفايات ذات النشاط الكبير والعمر الطويل: يتطلب التخلص منها إجراءات أكثر صرامة وقد تصل إلى حد تخزينها في الطبقات الجيولوجية على مستوى باطن الأرض.

الفصل الرابع عشر

التلوث بمياة الصرف الصحي

- مياة الصرف الصحي.
- أنواع مياة الصرف الصحي.
- الملوثات الفيزيائية.
- الملوثات الكيميائية.
- المركبات العضوية المتطايرة.
- المبيدات والكيماويات الزراعية.
- المواد العضوية.
- المواد غير العضوية.
- المكونات البيولوجية.

مياه الصرف الصحي

مياه الصرف الصحي Wastewater، هي أي نوع من المياه المتأثرة بالاستخدام البشري.

مياه الصرف الصحي هي: "مياه مستخدمة في أي مجموعة من الأنشطة المنزلية أو الصناعية أو التجارية أو الزراعية، المياه السطحية الجارية أو تصريف مياه الأمطار وأي صرف متدفق أو جاري".

بالتالي فإن مياه الصرف الصحي هي منتج ثانوي للأنشطة المنزلية أو الصناعية أو التجارية أو الزراعية، وتختلف خصائص مياه الصرف الصحي حسب المصدر.

ومن أنواع مياه الصرف الصحي:

مياه الصرف المنزلية الناتج عن الأنشطة المنزلية، مياه الصرف البلدية الناتج عن التجمعات تسمى أيضًا (صرف صحي) أو مياه الصرف الصناعي الناتج عن الأنشطة الصناعية. قد تحتوي مياه الصرف الصحي على ملوثات طبيعية، كيميائية أو حيوية.

مياه الصرف الصحي تشمل المخلفات السائلة المصرفة من المجمعات السكنية والتجارية والصناعية والزراعية، وقد تحتوي أيضًا على مجموعة واسعة من الملوثات المحتملة وبتراكيز مختلفة، كما تشير بالمصطلح العام إلى

المخلفات السائلة الصادرة عن المجمعات البشرية والحاوية مجموعة واسعة من الملوثات الناجمة عن اختلاط الفضلات السائلة من مصادر شتى.

يقصد بالصرف الصحي قسم من مياه الفضلات السائلة، ملوثة بالبراز أو البول، ولكن غالبًا ما يستخدم للدلالة إلى كل أنواع الفضلات السائلة. تشمل مياه الصرف الصحي الفضلات السائلة المنزلية والصناعية المتخلص منها باستخدام الأنابيب أو المجاري أو أي بنية هيكلية مشابهة، وأحيانا في حفرة فنية تفرغ بعدها باستخدام شاحنات خاصة تمتص مياه الصرف وتصرفها بعيدًا.

وتسمى بنظام الصرف جميع البنية التحتية، بما فيها الأنابيب والمضخات والمرشحات والقنوات.. إلخ، المستخدمة في نقل مياه الصرف الصحي من مصدرها إلى نقطة التجميع أو محطات المعالجة.

الملوثات الفيزيائية

من أهم الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف هو محتواها من المواد الصلبة، الذي يتكون من مواد طافية ومواد مترسبة ومواد عالقة ومواد ذائبة. أما باقي الخصائص الفيزيائية فهي الرائحة ودرجة الحرارة واللون ودرجة العكارة.

المواد الصلبة الكلية:

علميًا تعرف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف على أنها كل المواد التي تبقى عند التبخير عند درجة حرارة من ١٠٣ إلى ١٠٥ºم. أما المواد التي لها ضغط بخاري مرتفع فإنها سوف تفقد في عملية التبخير عند هذه الدرجة وبالتالي لا تعتبر مواد صلبة.

وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل مخروطي (يسمى مخروط امهوف) في خلال زمن قدرة ٦٠ دقيقة. تعتبر المواد الصلبة القابلة للترسيب والتي وحدة قياسها مللتر/لتر قياس تقريبي لكمية الحمأة التي سوف تنفصل بالترسيب الأولى.

ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضًا إلى مواد لا يمكن ترشيحها (عالقة)، أو مواد يمكن ترشيحها، وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (مرشح). ويمكن تقسيم المواد الصلبة تقسيمًا آخر طبقًا لدرجة تطايرها عند درجة ٥٥٠ºم، يتأكسد الجزء العضوي عند هذه الدرجة ويتحول إلى غاز، بينما يبقى الجزء غير العضوي كرماد، وبذلك يمكن أن نطلق مصطلح (المواد العالقة المتطايرة) و(المواد العالقة الثابتة) على كل من المحتوى العضوي وغير العضوي (المعدني) للمواد العالقة على الترتيب. ويتم دائمًا إجراء تحليل المواد الصلبة المتطايرة على الحمأة لقياس مدى الثبات البيولوجي لها.

الروائح:

تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية أو من المواد المضافة إلى مياه الصرف، وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات ذات رائحة، أو على مركبات تنبعث منها رائحة أثناء عملية المعالجة.

درجات الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عملية المعالجة؛ وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، وكذلك تؤثر على الأحياء المائية، وعلى مدى ملاءمة المياه للاستخدامات المفيدة.

فمثلًا ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدي إلى اختلاف في فصائل الأسماك المتواجدة في البيئة المائية المستقبلة لمياه الصرف؛ ولذلك فإن العديد من المنشآت الصناعية تولي اهتمامًا بالغًا بدرجة حرارة المياه السطحية التي يتم استخدامها في عمليات التبريد.

بالإضافة إلى ما سبق فإن الأكسجين أقل ذوبانًا في المياه الدافئة عن المياه الباردة؛ ولذلك فإنه عند ارتفاع درجة حرارة المياه في أشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية، مصاحبًا لانخفاض في كمية الأكسجين المتواجدة في المياه السطحية، مما قد يؤدي إلى نفاذ حاد لتركيز الأكسجين الذائب في المياه.

وقد تتزايد هذه التأثيرات الخطيرة عند زيادة كمية المياه الساخنة التي يتم صرفها على المسطحات المائية، مع ملاحظة أنه عند حدوث أي تغير مفاجئ لدرجة الحرارة قد ينتج عنه ارتفاع معدل الوفيات في الأحياء المائية، كما أن الارتفاع غير الطبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدي إلى ازدياد نمو بعض النباتات المائية غير المرغوب فيها والفطريات.

اللون:

يختلف لون مياه الصرف الصناعي طبقًا لنوع الصناعة؛ ولذلك فإنه من المهم معرفة خواص وطرق قياس اللون. ولا يمكن لطرق المعالجة التقليدية إزالة اللون؛ وذلك لأن أغلب المواد الملونة تكون في الحالة الذائبة، ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة النشطة والمرشحات الرملية إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة، وفي بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية.

العكارة:

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة، وعمومًا فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه غير المعالجة، ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها.

الملوثات الكيميائية

المواد العضوية :

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين، وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد.

وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على كميات قليلة من جزيئات عضوية مخلقة، والتي يتباين تركيبها الكيميائي تباينًا كبيرًا مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية الرئيسية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية.

وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي؛ لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيًا أو تتحلل ببطء شديد.

الزيوت والدهون والشحوم :

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتًا، حيث إنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا. ويصل الكيروسين وزيوت التشحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات، حيث يطفو على سطح مياه الصرف، ويتبقى جزء ضئيل منه في صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة.

هذا وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل في الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح، وإذا لم تتم إزالة الشحوم قبل صرف المياه إلى البيئة الخارجية، فإنها قد تؤثر عكسيًا على الحياة البيولوجية في المياه السطحية، مسببة طبقة من المواد الطافية غير المرئية.

المنظفات الصناعية:

المنظفات الصناعية هي المواد الخافضة للتوتر السطحي، وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان، وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف وفي المياه السطحية التي تصرف إليها، وتتجمع جزيئات المنظفات في الطبقة ما بين الهواء والماء، كذلك تتجمع هذه المركبات على سطح فقاعات الهواء أثناء عملية المعالجة البيولوجية مسببة رغوة ثابتة تفوق عملية المعالجة.

الفينـول:

يعتبر الفينول وغيره من المركبات العضوية من المكونات الهامة في المياه، حيث يمكن أن يسبب مشاكل في طعم مياه الشرب، خاصة عندما تكون المياه معقمة بالكلور. وتنتج مادة الفينول من العمليات الصناعية، حيث تأخذ طريقها إلى المياه السطحية عند التخلص من مياه الصرف الصناعي.

ويمكن إزالة الفينول بالأكسدة أثناء المعالجة البيولوجية، وحتى تركيزات ٥٠٠ ملجم/لتر.

المركبات العضوية المتطايرة:

هي المركبات العضوية التي لها نقطة غليان أقل من ١٠٠ درجة مئوية و/أو ضغط بخار أقل من ١مم زئبق عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.

إن انسياب هذه المركبات في المجاري أو في محطات المعالجة قد يؤثر عكسيًا على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة.

المبيدات والكيماويات الزراعية:

تعتبر المركبات العضوية الموجودة في المبيدات الحشرية والنباتية، بالإضافة إلى الكيماويات الزراعية سامة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية، ويمكن اعتبارها مادة ملوثة مهمة فعالة في المياه المستقبلة للصرف.

مؤشرات المواد العضوية

الأكسجين الحيوي الممتص (BOD5):

يعتبر هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية واسعة الاستخدام في مجال مياه الصرف الصناعي، وعادة ما يتكون الأكسجين الحيوي الممتص بسبب المواد العضوية الرغوية والذائبة، مما يشكل حملًا على الوحدات البيولوجية في محطات المعالجة. ويلزم توفير الأكسجين

اللازم لنمو البكتريا لتقوم بأكسدة المواد العضوية، ويحتاج الحمل الزائد للأكسجين الحيوي الممتص الناتج من الزيادة في المخلفات العضوية إلى زيادة النشاط البكتيري والأكسجيني، بالإضافة إلى زيادة في قدرة وحدة المعالجة البيولوجية.

يتم تحديد الأكسجين الحيوي الممتص لقياس الأكسجين الذائب المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة في عملية الأكسدة البيوكيميائية للمواد العضوية. ولقياس الأكسجين الحيوي الممتص يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين، في زجاجات خاصة يضاف إليها البكتيريا، تحضر أيضًا زجاجة تحكم معبئة بماء وبكتيريا فقط، يتم وضع الزجاجات في حضانة لمدة خمسة أيام على درجة ٢٠ºم، وبذلك تسمى العملية باختبارات الخمسة أيام للأكسجين الحيوي الممتص (BOD5)، ويستخدم الفرق بين تركيز الأكسجين في زجاجة التحكم والأكسجين المتبقي في الزجاجات الأخرى بعد خمسة أيام في حساب الأكسجين الحيوي الممتص مقدرًا بـ مجم/لتر.

الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD):

يستخدم اختبار الأكسجين الكيميائي المستهلك لقياس المواد العضوية في مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على مركبات سامة للحياة البيولوجية، ويتم بأكسدة المركبات المختزلة في مياه الصرف من خلال تفاعل مع خليط من حمضي الكبريتيك والكروميك في درجة حرارة عالية.

وهناك اختبار آخر لـ(COD) تستخدم فيه البرمنجنات كعامل مؤكسد، ولكن هذا الإختبار يعطي نتائج ذات قيم منخفضة وليست لها علاقة مباشرة بالاختبار المعياري للأكسجين الكيميائي المستهلك. وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك لمياه الصرف أعلى من قيمة الأكسجين الحيوي الممتص؛ لأن المركبات يمكن أن تتأكسد كيميائيًا، والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجيًا، وبالنسبة لأنواع كثيرة من مياه الصرف فإنه من السهل الربط بين الأكسجين الكيميائي المستهلك والأكسجين الحيوي الممتص.

وهذا يعتبر ذو فائدة؛ لأن الأكسجين الكيميائي المستهلك يمكن تعيينه خلال ٣ ساعات فقط، بالمقارنة بالأكسجين الحيوي الممتص والذي يلزم لتقديره ٥ أيام. وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين الكيميائي المستهلك يمكن استخدامها كمؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

وفي الغالب فإن نسبة الأكسجين الكيميائي المستهلك إلى الأكسجين الحيوي الممتص ١.٥ : ٢ في مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على مواد تتحلل بيولوجيًا (مثل صناعة الأغذية). أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من ٣، فإنه يمكن إعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة في العينة ليست بيولوجية التحلل.

في بعض الأحيان يطلق على المواد غير المتحللة بيولوجيًا مواد حرارية، حيث توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من الصناعات الكيماوية والورقية.

المواد غير العضوية

النيتروجين:

نظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس في سلسلة البروتين، فإن بيانات النيتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية. إن عدم وجود النيتروجين بشكل كافٍ يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة، ولكي يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلة، فإن إختزال أو إزالة النيتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة.

ويشمل النيتروجين الكلي (والمستخدم كمؤشر شائع) على العديد من المركبات مثل الأمونيا وأيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنيتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

الفسفور:

يعتبر الفوسفور ضروري لنمو الطحالب وغيرها من الكائنات البيولوجية، ويكون الفسفور العضوي أحد أهم المكونات لمياه الصرف الصناعي والحمأة.

الكبريت:

يتم اختزال الكبريتات حيويًا تحت ظروف لا هوائية إلى الكبريتيد، والذي بدوره يمكن أن يرتبط بالهيدروجين ليكون كبريتيد الأيدروجين، حيث يتصاعد هذا الغاز في الهواء المحيط بمياه الصرف، وكذلك يتجمع في الشبكات فوق سطح المياه بالمواسير.

ويمكن لغاز كبريتيد الأيدروجين المتراكم أن يتأكسد حيويًا داخل الشبكات، ويتحول إلى حامض كبريتيك، والذي يسبب تآكل مواسير الحديد، وكذلك المعدات.

مؤشرات المواد غير العضوية

الأس الهيدروجيني:

إن تركيز الأيون الهيدروجيني يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف، ويعتبر مدى التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغيرًا جدًا وحرجًا.

إن مياه الصرف ذات الأس الهيدروجيني الخارج عن المدى من الصعب معالجتها بالطريقة البيولوجية، وبالتالي إذا لم يتم ضبط (pH) قبل الصرف، فإنه سيؤثر عكسيًا على (pH) في المياه الطبيعية.

القاعدية:

تنتج القاعدية من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكاربونات، مثل الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا، ويعتبر الكالسيوم والمغنيسيوم هما الأكثر انتشارًا.

ويمكن اعتبار البورات والسيليكات والفوسفات، بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية، ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف على مواجهة التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن إضافة الأحماض.

ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف أهمية من حيث التأثير على المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات كذلك إزالة الأمونيا باستخدام طبقات الهواء.

المركبات السامة غير العضوية

بسبب السمية الناتجة عن هذه المواد، فإن بعض الكتيونات تكون ذات أهمية في معالجة والتخلص من مياه الصرف.

وقد تم تصنيف الكثير من هذه المركبات على أنها ملوثات ذات أولوية، ويعتبر الرصاص والحديد والفضة والكروم بالإضافة إلى البورون مواد سامة، لها درجات متفاوتة من السمية على الكائنات الدقيقة؛ لذلك يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم محطات المعالجة البيولوجية.

وتعاني الكثير من محطات المعالجة بسبب وجود هذه الكتيونات في المياه، حيث تسبب قتل الكائنات الدقيقة وبالتالي توقف المعالجة.

أما كتيونات البوتاسيوم والأمونيوم فإنها تعتبر سامة عند ٤٠٠٠ ملجم/لتر، أما السيانيد والكرومات والتي تعتبر أيونات سامة تظهر أيضًا في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن طلاء المعادن، ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة الأولية في المصنع بدلًا من خلطها بالصرف الصحي. ويتواجد الفلوريد (وهو عنصر سام) بشكل شائع في مياه الصرف الناتجة من صناعات الإلكترونيات، كذلك يمكن أن تحتوي مياه الصرف الصناعي أيضًا على مواد عضوية سامة.

المعادن الثقيلة

تعتبر التركيزات الصغيرة لكثير من المعادن مثل النيكل والمنجنيز والرصاص، والكروم والكادميوم والزنك والنحاس والحديد، بالإضافة للزئبق= مكونات ذات أهمية في مياه الصرف الصناعي.

كما أن وجود مثل هذه المعادن بكميات مرتفعة سوف تؤثر على استخدام المياه نظرًا لسميتها؛ لذلك يفضل دائمًا أن يتم قياس تركيز هذه المواد في المياه والتحكم فيه.

الملوثات البيولوجية

بعض الصناعات ينتج عنها نوع معين من البكتيريا الممرضة، مثل المجازر الآلية، والبعض الآخر ينتج عنه طفيليات وفطريات، مثل مصانع النشا والخميرة. وتحدد الاختبارات البيولوجية على مياه الصرف وجود البكتيريا الممرضة من عدمه بواسطة اختبار نوع معين من الكائنات المؤشرة. وتمثل المعلومات البيولوجية حاجة ملحة لتقييم نوع المعالجة لمياه الصرف قبل التخلص منها إلى البيئة.

الفصل الخامس عشر

التلوث بالمخلفات الصلبة

- النفايات الصلبة.
- تصنيف النفايات الصلبة.
- طرق التخلص من النفايات الصلبة.
- دور التكنولوجيا في حل مشكلة النفايات الصلبة.
- الاستفادة من النفايات والتقليل من حجمها.

النفايات الصلبة

يمكن تعريف النفايات بأنها مواد تلقيها أو تولدها الكائنات الحية في النظام البيئي المحيط بها، ويتفاعل هذا النظام مع النفايات باعتبارها مصادر أساسية تستخدم بكفاءة وفاعلية، حيث يتيح إعادة استخدامها كمواد خام ضمن دورة طبيعية ومنتظمة، وتمثل أيضًا المخلفات والفضلات التي يتركها البشر خلال ممارستهم للأنشطة اليومية المختلفة، وتتمثل هذه المخلفات بمواد مثل الورق والنايلون، وعبوات كرتونية وزجاجية ومعدنية، إضافة إلى المخلفات الغذائية، والمخلفات الناتجة عن الأنشطة الصناعية والإنشائية.

النفايات الصلبة وتصنيفها:

النفايات الصلبة: هي المواد المراد التخلص منها وتحويلها إلى مواد صالحة لإعادة الاستخدام، بحيث يكون جمعها ومعالجتها ونقلها من مصلحة المجتمع، ويمكن تصنيف النفايات الصلبة من حيث مصدرها إلى:

النفايات الصلبة المنزلية: وهي المخلفات التي تنتجها المنازل والمطاعم والفنادق.

النفايات الصلبة الصناعية: وهي الفضلات والمواد الناتجة عن ممارسة الأنشطة الصناعية المختلفة مثل الصناعات الكيميائية، ومحطات توليد الطاقة، وصنع المعادن.

النفايات الصلبة الزراعية: تمثل المخلفات الناتجة عن الأنشطة الزراعية النباتية والحيوانية وفضلات الحيوانات ونفايات المسالخ.

النفايات الناتجة عن معالجة المياه العادمة: وهي مواد عضوية وغير عضوية، ممزوجة بنسبة عالية من المياه تنتج عن معالجة المياه العادمة.

طرق التخلص من النفايات الصلبة:

نظرًا لزيادة مصادر النفايات وزيادة تراكمها، ظهرت الحاجة إلى إيجاد طرق وأساليب من شأنها التقليل أو التخلص منها، ونذكر فيما يأتي أهم هذه الطرق للتخلص من النفايات:

طريقة الطمر الصحي:

تتم هذه الطريقة بوضع النفايات في حفر كبيرة تحتوي على تربة طينية أو رملية، ويتم عزل جوانب الحفرة وقاعدتها عن الصخور والتربة المجاورة بواسطة البلاستيك أو الإسمنت؛ لمنع تسرب السائل الراشح الناتج عن بقايا النفايات إلى المياه الجوفية، والاحتفاظ بغاز الميثان الذي يتشكل بسبب حدوث التحلل اللا هوائي للفضلات العضوية، ليتم بعد ذلك تجميعه في أسطوانات خاصة لاستخدامه في توليد الكهرباء، وعلى الرغم من أهمية هذه الطريقة في التخلص من النفايات، إلا أنها قد تتسبب بحدوث انفجار في موقع الطمر، كما يمكن أن يحدث ضرر في المادة العازلة مما يؤدي لتسرب الملوثات إلى المياه الجوفية.

الدفن العشوائي:

تتمثل هذه الطريقة بوضع النفايات في حفر أرضية، دون إجراء الخطوات اللازمة لمعالجة المواد الكيميائية الخطرة وفصل مكونات النفايات، واسترجاع ما يمكن الإستفادة منه، وتعد هذه الطريقة مخالفة لأسس التنمية المستدامة؛ لأنها تتسبب بشكل مباشر بتلوث المياه والتربة عن طريق تسرب العصارة أو السائل الراشح الناتج عن التحلل اللا هوائي إلى باطن الأرض، والذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية، بالإضافة إلى تلوث الهواء عبر إطلاق الغازات الضارة بالبيئة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان.

الحرق العشوائي:

يتم في بعض الأحيان حرق النفايات في مناطق غير مهيأة وبصورة عشوائية، مما يسبب بشكل كبير تلوث الهواء عبر إطلاق غازات خطيرة مثل غاز الدايوكسين، كما أن الرماد الناتج عن الاحتراق قد يحتوي على مواد سامة تلحق الضرر بالنبات والتربة والماء.

الحرق الصحي والترميد:

يتم في هذه الطريقة حرق النفايات في أفران خاصة عند درجة حرارة ٩٠٠ إلى ٢٠٠٠ درجة مئوية، بحيث يتم الحرق بشكل متواصل دون توقف، ويستفاد من هذه الطريقة بتوليد الكهرباء والتدفئة المركزية، عبر استغلال الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق في تسخين أنابيب الماء التي

تغذي شبكات التدفئة المركزية، أو في إنتاج بخار الماء الذي يسهم بشكل غير مباشر في إنتاج الطاقة الكهربائية.

وعلى الرغم من أهمية حرق النفايات في المحافظة على البيئة، إلا أنها تسهم في تلويث الهواء عبر إطلاق الغازات السامة الناتجة عن حرق بعض النفايات، وفي بعض الأحيان يصعب حرق بعض النفايات الصلبة بحيث يتم التخلص منها عن طريق دفنها، بالإضافة إلى الرماد الذي ينتج عن عملية الاحتراق؛ لذا تعتبر طريقة الطمر الصحي مكملة لطريقة الحرق والترميد.

إنتاج الأسمدة من النفايات العضوية: يمكن استغلال النفايات العضوية مثل بقايا الطعام، والنبات في إنتاج الأسمدة، ومخصبات التربة عبر عملية تسمى (كومبوست)، حيث يتم تحلل هذه النفايات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وتحولها إلى مركبات عضوية صغيرة تستخدم كبديل للسماد الكيماوي المستخدم في الزراعة، وتسهم هذه العملية بشكل كبير في التقليل من النفايات المنزلية، وتوفر مواد طبيعية بديلة للأسمدة الكيماوية.

إعادة التدوير:

واحدة من أكثر الطرق الفعالة للتخلص من النفايات هي إعادة تدويرها واستخدامها كمواد أولية في الصناعة، ويمكن إعادة استخدام وتدوير النفايات الصناعية والنفايات في المناطق السكنية مثل الكرتون،

والأكياس، والمخلفات الغذائية عن طريق معالجتها عبر عمليات صناعية، تمهيدًا لإعادة استخدامها كمواد خام لتصنيع منتجات جديدة.

على سبيل المثال إذا تم إعادة تدوير طن واحد من الورق فسوف يتم توفير قطع ٢٠ شجرة تقريبًا، لذا فإن إعادة استخدام المواد الورقية في النفايات يسهم بشكل كبير في الحد من استهلاك الأشجار المستخدمة في صناعة الورق المفيدة للبيئة.

دور التكنولوجيا في حل مشكلة النفايات:

على الرغم من الجهود الكبيرة التي تبذلها الدول في التخلص من النفايات والتقليل من تراكمها، إلا أنها لم تستطع إيجاد حل جذري من شأنه إنهاء مشكلة النفايات بشكل نهائي؛ لذا ظهرت الحاجة إلى الاعتماد على التكنولوجيات الحديثة مثل الإنترنت، وتقنيات الذكاء الاصطناعي، والتقنيات المعروفة بـ(آلة إلى آلة) (M2M). والتكنولوجيا الحديثة بدورها تسهم في التخلص من النفايات بطرق فعالة. على سبيل المثال، تتيح تقنية (آلة إلى آلة) مراقبة مراحل تصنيع المنتج من الإنتاج إلى الاستهلاك، ومعرفة معدل استهلاك كل مادة في السوق، وبالتالي تزويد السوق بالكميات التي تسد الحاجات فقط دون حدوث تشبع في المنتج. وتتيح تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الروبوتات الذكية فرز النفايات بهدف التخلص منها، وتتم هذه التقنية عبر طحن النفايات إلى أجزاء صغيرة جدًا بواسطة الروبوتات المجهرية، كما تقوم هذه الروبوتات بفصل الخواص

الكيميائية والفيزيائية للمواد، وبالتالي إنتاج مواد نقية يمكن إعادة استخدامها في الصناعات الدقيقة.

الاستفادة من النفايات والتقليل من حجمها

يتم باتباع ما يأتي:

- توعية المواطن بنمط استهلاكه.

- إعادة تصنيع (تدوير) لبعض النفايات، مثل الورق والبلاستيك والهياكل الفلزية والملابس والأثاث.

ويتطلب ذلك فصل النفايات منزليًا قبل عملية الجمع على مستوى الفرد والأسرة.

- استخدام بعض تكنولوجيات هندسة الجينات للتخلص من بعض أنواع النفايات مثل البلاستيك.

- الحصول على الطاقة.

الفصل السادس عشر

التلوث بالمخلفات السائلة

- المخلفات السائلة.
- الأضرار المتعددة للمخلفات السائلة.
- التخلص من المخلفات السائلة.
- الأسباب الرئيسية لمعاجة المخلفات السائلة.
- مراحل معاجة المخلفات السائلة في محطات الصرف الصحي.

المخلفات السائلة

هي المياه والسوائل التي تنتج عن استخدام المياه في الأغراض المنزلية المتنوعة كالغسيل والاستحمام والطهي، وهذه الأغراض التي ينتج عنها في الغالب نفايات سائلة ممتزجة بشوائب ومواد ذائبة فيها، مثل بقايا المنظفات أو بقايا الأطعمة أو المخلفات الآدمية، وقد تشكل هذه المخلفات خطرًا على البيئة، وتعد إحدى المسببات للأمراض؛ ولأنها تحمل معها أكاسيد الغازات الذائبة فيها إلى مواسير الصرف، وبجوار المخلفات المنزلية الناتجة عن أغراض الاستخدام المنزلي، يوجد أيضًا مخلفات العمليات الصناعية، وهي تختلف من مناطق صناعية لأخرى، حسب نوعية الصناعة التي تنتجها العملية التصنيعية، وإلى جانب الأغراض المنزلية والصناعية يوجد أيضًا الأغراض الزراعية، وهي الناتجة عن عمليات الري والحصاد، وهي تختلف بحسب نوعية المحصول ونوعية المبيدات المستخدمة للقضاء على الآفات.

الأضرار المتعددة للمخلفات السائلة:

– التخلص من مخلفات المواد السائلة عن طريق تصريفها في مواسير الصرف الصحي ينتج عنه التأثير على جودة المياه الجوفية، وتلف الأطعمة والرائحة الكريهة، كما تتسبب في تكوين الغازات المؤذية الضارة بصحة الإنسان مثل: كبريتيد الهيدروجين وغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان.

- تحتوي المخلفات السائلة على الميكروبات والجراثيم التي تعمل على حدوث الأمراض عند الإنسان، كما أن هناك بعض المواد الكيماوية التي تم إنتاجها حديثًا التي قد تحدث تأثيرًا على صحة الإنسان وعلى وظائفه الفسيولوجية، ولكن تظهر هذه الآثار بعد مرور فترة، أي على المدى الطويل من التعرض لهذه المواد المستحدثة.

- ترسب هذه المخلفات في أعماق المسطحات المائية وتأثيرها على مياه هذه المساحات بالسلب على جودتها ودرجة صفائها وخلوها من أي أضرار.

- تأثير مخلفات المواد السائلة –خصوصًا السوائل غليظة القوام كالزيوت والشحوم– على المسطحات المائية التي تستخدم للأغراض الترفيهية كالشواطئ وسواحل الاصطياف وغيرها، حيث تؤثر على جودة المياه وتجعلها غير قابلة للاستحمام أو التنزه، كما تؤثر على منظر البحر الخلاب بجعله منظرًا بغيضًا مثيرًا للكدر، ليس فيه أي شيء مميز أو يجعل المرء يقبل عليه أبدًا، وبذلك تقوم مخلفات المواد السائلة بالتأثير بالسلب على حركة السياحة والأنشطة الترفيهية.

التخلص من مخلفات المواد السائلة

تتكون مراحل معالجة مخلفات المواد السائلة إلى مرحلتين:

معالجة صغيرة:

ويتم فيها معالجة المياه الناتجة عن هذه المخلفات بواسطة وحدات صغيرة مختصة بالتجمعات السكنية القليلة والمنشآت المتوسطة، والمدن الصغيرة التي لا تتميز بكثافتها السكانية، كالمناطق الريفية والمدن الجديدة والأقاليم المتطرفة والمناطق الصحراوية المستصلحة وغيرها، ويتم معالجة مخلفات المواد السائلة بهذه الوحدات أو التخلص منها بشكل تام بطريقة آمنة وصحية.

معالجة كبيرة:

ويتم فيها معالجة المياه الناتجة عن مخلفات المواد السائلة بواسطة وحدات وماكينات عملاقة تختص بالتجمعات السكانية الكبيرة والمنشآت الضخمة، والمدن المتميزة بكثافتها السكانية كالمدن الرئيسية وعواصم المحافظات والمناطق الصناعية وغيرها، وقد يتم تجميع كل المخلفات وتحويلها إلى المحطة الرئيسية لمعالجة مخلفات المواد السائلة.

الأسباب الرئيسية لمعالجة المخلفات السائلة:

١- الحد من ازدياد الملوثات التي تقوم بالتأثير بالسلب على المسطحات المائية والمصادر الطبيعية للمياه الجوفية.

٢- الحد من الأمراض الناجمة عن المخلفات السائلة والتي تنتشر بها الميكروبات والجراثيم وخلايا الأمراض التي تضر بصحة الإنسان وتهدد سلامته.

٣- معالجة المياه وموازنة العناصر اللازمة للإنسان فيها، لتجنب حدوث أضرار للإنسان.

٤- تدوير هذه المخلفات والعمل على إزالة المواد الضارة بها؛ ليسهل استعمالها بعد ذلك في أغراض مفيدة وصحية.

٥- الحفاظ على التربة وعلى البيئة الصالحة للزراعة للحد من ظاهرة تسمم الأطعمة وإنتاج خضروات ونباتات ضارة لتأثرها بمياه الصرف.

وتتكون عملية معالجة المخلفات السائلة من حيث الطريقة التي يتم المعالجة بها من قسمين:

١- معالجة تتم بطرق طبيعية.

٢- معالجة تتم بطرق كيماوية.

الطرق الطبيعية:

وهي طرق تعتمد على الأساليب الطبيعية، واستخدام الخواص الفيزيائية في معالجة المخلفات السائلة والاستعانة بقوى طبيعية مثل قوى الجاذبية الأرضية، وأخرى مثل الطفو والإزاحة والترسيب والرشح والخلط، كطرق لمعالجة المياه مشتقة من الطبيعة، ودون إدخال أي مواد كيماوية أو عمليات تصنيعية معقدة.

الطرق الكيماوية:

ومن خلال هذه الطرق يتم تنقية المخلفات السائلة وفصل العناصر الملوثة منها، وإعدادها بحيث تصبح جاهزة لإعادة الاستعمال بشكل صحي وآمن، ومن جهة أخرى إزالة المواد الضارة تمامًا، ويتم ذلك عن طريق إضافة بعض المواد الكيماوية، وعن طريق التفاعلات الكيميائية التي ينتج عنها العمليات التي تساعد في تنقية هذه المواد وإزالة المواد الملوثة وتطهير مخلفات السوائل، ومن أمثلة هذه العمليات: التبخر والتطاير والترسيب والأكسدة والاختزال والانتشار والامتصاص، وغيرها من العمليات التي تستخدم لهذه الطريقة من معالجة المخلفات السائلة.

وهنالك أيضًا الطرق البيولوجية أو ما يسمى بالحيوية، وهي تعتمد بالأساس على العمليات الحيوية كالتحلل العضوي أو التفتيت، وتستخدم هذه الطريقة لإزالة المواد القابلة للذوبان أو التحلل والتفسخ، حيث يتم

تحويلها إلى غازات غالبًا ما تتبخر في الغلاف الجوي، أو إلى مواد صلبة ومن الممكن فصلها عن طريق عملية الترسيب.

مراحل معالجة المخلفات السائلة في محطات الصرف الصحي

المعالجة الأولية:

ويكون الغرض الرئيسي من هذه المرحلة هو تقليل نسب المواد الضارة في المخلفات السائلة، وإزالة أكبر كمية ممكنة من المواد العضوية عن طريق الترسيب، وتستخدم في هذه المرحلة التقنيات التي تعمل على إزالة المواد الصلبة من مخلفات السوائل، عن طريق الغربلة الميكانيكية لترسيب هذه المواد، ومن أمثلة هذه المواد المستهدفة في هذه المرحلة: بقايا الحبوب وبقايا أعمال الشاي والقهوة والعظام والشعر والحصى والرمال، وغيرها من المواد التي تعد من المواد غير العضوية.

المعالجة الثانوية:

ويكون الغرض الرئيسي من هذه المرحلة تفتيت المواد العضوية، وتحويلها من مواد ضارة إلى مواد غير ضارة، تستخدم خاصية التحلل البيولوجي للمواد العضوية، وذلك من أجل عزل المواد الصلبة والتي لا تقبل الترسيب، وخلق نوع من التوازن في المادة العضوية من حيث العناصر الموجودة فيها، وذلك من أجل تخفيض نسبة المواد العضوية الموجودة في

السوائل الضارة بمياه الصرف الصحي والمختلطة ببعضها، ثم تقليل المواد مثل النيتروجين والفسفور فيها.

ويتم الاستعانة بنوعيات من البكتريا والكائنات الحية بالغة الصغر (الدقيقة)، أو ما يطلق عليها (الميكروبيولوجي)، والتي تعمل على عملية تفتيت المواد العضوية أو ما يعرف بالتحلل البيولوجي.

وتتم عملية الأكسدة الهوائية عن طريق الأكسجين والمواد العضوية، التي يكون دورها كمصدر للطاقة ومصدر لتخليق غاز الكربون وتخليق الخلية الحية، أما عملية التحلل البيولوجي أو التفتيت الحيوي فتتم هذه العملية في غياب الأكسجين الحر، بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، لكنه قد يتم الاستعانة بالأكسجين المتحد مع مركبات أخرى في هذه العملية أيضًا.

المعالجة الثلاثية المتقدمة:

ويكون الغرض الرئيسي منها هو إزالة ما تبقى من مواد ضارة بالغة الصغر، مثل البكتريا ويرقات الديدان المعوية الضارة أو بيضها؛ وذلك للقضاء على أي أذى قد يلحق بالإنسان بسببها، وتكون هذه المرحلة هي المرحلة الأخيرة في مراحل معالجة المخلفات السائلة.

وأخيرًا، يجب التنبه لضرورة معالجة مياه الصرف جيدًا للوقاية من أي ضرر –سواء على المدى القريب أو البعيد– قد يلحق بالإنسان بسببها،

ولمطابقة هذه المياه المعالجة للمقاييس الصحية العالمية المعروفة، وهذا لن يتم إلا عن طريق معدات جاهزة عالية الكفاءة وتقنيات حديثة متقدمة وعقليات علمية قادرة على تحديد الضرر وموضعه ومن ثم إزالته.

الفصل السابع عشر

التلوث الغذائي

- ماهية التلوث الغذائي وعوامله.
- ملوثات الغذاء الطبيعية.
- ملوثات الغذاء الحيوية.
- الملوثات الطفيلية للغذاء.
- الملوثات الكيميائية للغذاء.
- ملوثات المعادن الثقيلة.
- ملوثات الغذاء الإشعاعية.
- الهندسة الوراثية والتلوث الغذائي.
- أمراض التلوث الغذائي.
- مسممات الغذاء.
- حماية الغذاء من التلوث.

تلوث الغذاء

يشير مصطلح تلوث الغذاء إلى احتواء الطعام أو الماء على ما يجعله غير صالح للاستهلاك الآدمي أو الحيواني، سواء كانت كائنات دقيقة ضارة، أو مواد كيماوية سامة، أو غذاء ملوث بالمواد المشعة القاتلة، مما قد يترتب على تناول الغذاء إصابة المستهلك بالأمراض، التي تعد أشهرها أمراض التسمم الغذائي.

يعتبر الغذاء وسيلة سهلة لنقل الميكروبات الممرضة؛ لذلك يجب منع تلوث الطعام والماء بالميكروبات للمحافظة على الصحة العامة في أي تجمع بشري، وذلك باتباع عدة طرق وقائية لحماية الغذاء من التلوث، مثل عدم جعل الطعام مكشوفًا للحشرات والأتربة، وغسيل الخضراوات والفاكهة بشكل جيد، مع مراعاة غسل الأيدي قبل الأكل.

ماهية التلوث الغذائي وعوامله :

يعتبر الغذاء ملوثًا إذا احتوى على ما يجعله غير صالح للاستهلاك الآدمي، والتي قد تكون جراثيم ممرضة أو اختلط ببعض الكيماويات السامة، أو تعرض لمواد مشعة قاتلة، مما يترتب على تناولها تسمم غذائي ممثلًا في إصابة الإنسان بأمراض حادة خاصة بالمعدة والأمعاء.

وتقسم الأمراض عن طريق الغذاء إلى أمراض معدية عن طريق الغذاء، ومسممات الطعام.

تدور عوامل تلويث الغذاء حول إهمال الطرق الملائمة لتداول الغذاء أو التغاضي عن بعض أساسيات التصنيع الغذائي، وهي:

- عدم اتخاذ متداولي الأغذية الاحتياطات الصحية الصارمة، سواء بالنسبة لعاداتهم الشخصية أو في مناطق عملهم والأدوات المستخدمة.
- عدم تبريد الأغذية بطريقة ملائمة.
- عدم تصنيع الأغذية بالأسلوب المناسب.
- تعريض الأغذية لناقلي الملوثات أثناء التخزين أو النقل.
- عدم إدراك مدى خطورة الأمراض التي تنقل عن طريق الغذاء.
- قصور عملية الرقابة على نوعية الغذاء، خاصةً من الناحية الميكروبيولوجية.

وتصنف مصادر الملوثات الغذائية والتي يترتب على وجودها في الغذاء بتركيزات تختلف عن الحدود المقبولة إلى حد الضرر أو إصابة مستهلكها النهائي بحالة مرضية.

ملوثات الغذاء الطبيعية:

يقصد بملوثات الغذاء الطبيعية أي مكون طبيعي غريب يتواجد في الغذاء ويمكنه أن يسبب خطورة على صحة المستهلك، ورغم أنه يتصف

بأنه أقل مصادر التلوث خطورة، إلا أنه قد يسبب أحيانًا مشاكل خطيرة لمنتج الغذاء تكبده نفقات باهظة كتعويضات، ومن أمثلة هذه الملوثات:

ملوثات تصل إلى الغذاء أثناء النمو والحصاد: كالحجارة والأتربة والمعادن والحشرات وبقاياها.

ملوثات تصل إلى الغذاء أثناء عملية التصنيع والتداول: كبقايا الزجاج والعظام والمعادن والأخشاب، والأسلاك الكهربائية والشحوم والصدأ وبقايا الدهانات.

ملوثات تصل إلى الغذاء أثناء عملية التعبئة والتوزيع: كالحشرات والخيوط والشعر والأحجار والمعادن.

فوجود الشعر في الطعام كمثال يوصف بأنه وصمة عار في كثيرٍ من المجتمعات، حيث تنشأ الخطورة من أنه (الشعر) قد يتسبب في الإصابة بصدمة أو حتى الغثيان والقيء، بالإضافة إلى أنه قد يكون ملوثًا بالمواد السامة. ومن ثم فالآراء تجاه الشعر في الطعام تختلف وفقًا لمستويات الخطورة التي تشكلها وجود الشعرة في الطعام بالنسبة للمستهلك الفرد.

نتيجةً لذلك في كثيرٍ من الدول، يطلب من العاملين في مجال الصناعات الغذائية أن يغطوا شعورهم، كما أنه عندما يقدم الأفراد على طعام ما سواء في مطعم أو مقهى ما ويعثروا على شعر بطعامهم، فمن الأغلب أن يقوموا بالشكوى للأعضاء المسؤولين.

على الرغم من هذا، فليس الأمر بالقضية الدامغة، والتي يمكن خلالها مقاضاة المطعم في الولايات المتحدة الأمريكية مثلًا، إلا أنه في بريطانيا يعد كسرًا لتشريعات قانون سلامة الغذاء البريطاني الصادر عام ١٩٩٠، حيث إن ذلك عرف بأنه يسبب تسمم الطعام؛ ولذلك يستطيع الأفراد الذين يعثرون على شعرةٍ في طعامهم مقاضاة المكان الذي يقدم هذا الطعام على إثر ذلك.

ونلاحظ أنه تتواجد مجموعة من الأسباب المحتملة لرفض وجود شعر في الطعام، والتي تتراوح من المحظورات الثقافية إلى الحقيقة البسيطة، المتمثلة في أنه من الصعب هضم الطعام وبه شعر أو أنه يصبح غير مستساغ وغير محبوب ليتم تناوله، كما أنه يمكن تفسيره على أنه إشارة للمزيد من المشكلات المتفاقمة ذات الصلة بالصحة، هذا بالإضافة إلى أن العثور على مثل خصال الشعر تلك ثبت أنها أسفرت عن حوادث التلوث من هذا القبيل.

إلا أنه في الوقت ذاته وفي بعض الأحيان، يمكن استخدام البروتين المتواجد في الشعر البشري كمكون غذائي في تصنيع الخبز أو المنتجات الشبيهة مثلًا، إلا أن مثل ذلك الاستخدام للشعر البشري يعتبر محرمًا في الشريعة الإسلامية. هذا وكان العثور على الشعر قديمًا بين اليهود يعد مؤشرًا على سوء الطالع.

ملوثات الغذاء الحيوية الميكروبية:

يقصد بها جميع أنواع الكائنات الحية الميكروبية المرضية، مثل البكتيريا الضارة والفيروسات والفطريات والطفيليات أو إفرازاتها، والتي يترتب على وجودها في الغذاء إصابة الإنسان بالمرض، وحيث يطلق عليها عدوى غذائية أو ينجم المرض نتيجة ما يبثه الكائن الممرض من إفرازات سامة، سواء بالنسبة للإنسان أو الحيوان، ويطلق عليها اسم الذيفانات (التوكسينات)، ويطلق على الحالة المرضية عندئذ اسم تسمم غذائي. وهذه الملوثات هي:

ملوثات بكتيرية، ملوثات فيروسية، ملوثات فطرية، ملوثات طفيلية، ملوثات كيميائية، ملوثات إشعاعية.

الملوثات البكتيرية للغذاء:

البكتيريا هي عبارة عن كائنات حية متناهية في الصغر، لا يمكن رؤيتها إلا ميكروسكوبيًا، ومنها القليل ما يعيش طفيليًا مسببة للأمراض. يحذر العلماء من استمرارية تلوث البيئة نتيجة للاستخدام المفرط للمبيدات الزراعية التي تقضي على أنواع من البكتيريا المتضمنة في دورة الآزوت ودورة الكربون، التي بإنتهائها قد تؤدي إلى انتهاء الحياة على سطح الأرض.

أما تجرثم البكتيريا، فإنها ظاهرة تلجأ إليها بعض أنواع البكتيريا لحماية نفسها من المؤثرات الخارجية الضارة التي تفتك بها، كالأحماض والقلويات وغيرها. وتوجد أنواع من البكتيريا تعيش في الظروف الطبيعية، ومنها ما يقاوم الظروف عبر الطبيعة، ومنها ما يعيش داخل جسم الإنسان ويسبب له الأمراض.

الملوثات الفيروسية للغذاء

الفيروسات:

هي عبارة عن أجسام دقيقة جدًا لدرجة لا تسمح بمرورها من خلال المرشحات، مما جعل يطلق عليها اسم الرشحيات أو الرواشح. فالفيروسات التي تنتقل إلى الغذاء قد تسبب الإسهال وتكون منقولة بالحشرات، وكذلك هناك فيروسات تسبب التهاب الكلية وفيروسات الإنفلونزا، والحصبة والجدري، وشلل الأطفال والحمى الصفراء، وكثير من الفيروسات المسببة للأمراض النباتية، التي تنتقل بدورها للإنسان بعد تناوله لها.

الملوثات الفطرية للغذاء

تشبه الفطريات البكتريا مع كبر حجمها عنها نسبيًا، ومن مظاهر الشبه مع أغلب أنواع البكتيريا عدم القدرة على التغذية الذاتية، لذلك تنمو فوق المواد العضوية. وهناك نحو ٥٠ ألف نوعًا من فطريات العفن

منتشرة في الهواء والماء والتربة، وتتفاوت أضرارها بين إتلاف المحاصيل بأمراض النبات الفطرية وتعفن المواد الغذائية المخزونة. وتصل بعض أنواعها إلى حد إنتاج أصناف من السموم المسرطنة التي يبلغ عددها نحو ٢٥٠ نوعًا، أو المشوهة للأجنة أو المثبطة للمناعة، أو المتلفة للكبد أو التهاب الجهاز التنفسي، أو التهاب الكلى أو الجهاز العصبي.

ومن أشهر الفطريات ذات الطبيعة السمية والملوثة للغذاء أفلاتوكسين (بالإنجليزية: Aflatoxineds)، والذي غالبًا ما يلوث الحبوب والدرنات والبذور الزيتية وبعض الفواكه، خاصةً في جنوب شرق آسيا ووسط أفريقيا. واتضح أن معدل تناوله في الطعام بالنازاجرام يتناسب طرديًا مع معدل انتشار سرطان الكبد، سواء بالنسبة للإنسان أو الحيوان. وتصنف معظم الفطريات بتكاثرها اللا جنسي، ويستطيع الفطر الواحد في ظل ظروف معينة أن يتكاثر بأعداد فلكية؛ مما جعل من قضية الفطريات مشكلة عالمية، نظرًا لانتقال الحبوب المعرضة للتلوث بها من مكان الإنتاج إلى مكان الاستهلاك< بسبب طول فترة النقل وتهيئة الظروف المسببة لتكاثرها وإفراز سمومها، مما جعل الدول تبادر إلى وضع حدود لما يسمح به منها. وفي حالة الأفلاتوكسين مثلًا، لا تسمح الدول الأوروبية بأكثر من ٥٠ جزء في البليون، وتنخفض في الولايات المتحدة الأمريكية إلى ٢٠ جزء في البليون.

الملوثات الطفيلية للغذاء

يشمل عالم الطفيليات مختلف ضروب عالم الكائنات المعدية الفريدة، التي تعيش في مختلف أنسجة الإنسان وأوعيته، انطلاقًا من أن الطفيل عبارة عن كائن حي ينشئ رابطة فسيولوجية مع أنسجة كائن حي آخر، إما على سطحه أو داخله، وذلك من حصوله على الغذاء وضمان فرصة العيش والتكاثر. مما يجعل الطفيليات من أهم المشكلات الصحية المتميزة، خاصة في دوائر الفقر المنتشرة، والتي يمكن إرجاعها إلى انخفاض مستوى الإصحاح (بالإنجليزية: Sanitation)، خاصة افتقاد إمدادات مياه الشرب النقية والجهل بالممارسات التي تحفظ الصحة.

الملوثات الكيميائية للغذاء

يقصد بها الملوثات الغذائية غير الجرثومية، فأي مادة كيميائية قد تصل إلى الغذاء أثناء عملية الإنتاج أو التداول أو قد تضاف إلى الغذاء فرض حفظه، أو قد تتواجد طبيعيًا في الغذاء، والتي تمثل خطورة على صحة مستهلك الغذاء في حالة استهلاكه. وهناك من يعتبر أن التلوث الكيميائي بصفة عامة وتلوث الغذاء بصفة خاصة ثمنًا لا بد من دفعه مقابل ما حققه الانفجار الصناعي من منجزات، والذي أخذ أبعادًا هائلة في السنوات الأخيرة، والذي تطور من مجرد أقذار موضعية ليصبح ملوثًا عامًا للطبيعة برمتها؛ لاتساع نطاق آثاره على نحو لا يمكن التنبؤ به أحيانًا، ولما يتصف به من انتشار بطيء مستتر ومتواصل، سواء مع الهواء أو الماء

أو التربة بجانب الغذاء، مع عدم خضوعه للظواهر الطبيعية التلقائية للتقنية الذاتية، بعكس التلوث الحيوي كمصدر للتخمر والتعفن والتكاثر الميكروبي الذي يعالج نفسه بنفسه، نظرًا للتقنية الذاتية للحياة مثلًا (المصدر الرئيسي للتلوث) بفضل أشعة الشمس التي سرعان ما تضع حدًا لتكاثر الجراثيم الممرضة، مما يجعل أشكال هذه النوع من التلوث يظل محصورًا في أماكن نشوئها، وخاصةً على مقربة من التجمعات البشرية.

ويمكن تصنيف الملوثات الغذائية فيما يلي:

ملوثات كيميائية زراعية

رش المحاصيل الزراعية بالمبيدات بواسطة الطائرات.

أي المواد الكيميائية التي تستخدم في زيادة الإنتاج النباتي والحيواني والسمكي وبقاياها، والتي تتصف بتأثير ضار على الصحة، وتتصف جميعها بأن لها حدًا أقصى مسموح به يتم تحديده من قبل الجهات الوطنية المعنية والهيئات الدولية، والذي يجب عدم تجاوزه حفاظًا على صحة مستهلك الطعام، وذلك مثل بقايا المبيدات الحشرية والفطرية والحشائش، مثل المركبات الكلورونية العطرية ومركبات البيفينيل عديد الكلور والديوكسين والمبيدات الفسفورية. أيضًا بقايا الأسمدة الزراعية كالنترات والفوسفات، كذلك بقايا الأدوية البيطرية واستخدام الهرمونات لتسمين الدواجن وتربية الثروة السمكية.

عرضت منظمة السلام الأخضر في ٢٠٠٦ في الصين أن ٢٥٪ من منتجات الأسواق والمحلات التجارية الزراعية احتوت على مبيدات آفات محظورة. حيث كانت نسبة ٧٠٪ من الطماطم التي خضعت للاختبارات والفحوصات تحتوي على مبيد الآفات ليندال (Lindale) المحظور، وأن تقريبًا ٤٠٪ من العينات اشتملت على خليط من ثلاثة أنواع أو أكثر من مبيدات الآفات. كما خضعت الفواكه للفحص مثلها في ذلك مثل الخضروات، حيث وجد أن عينات من ثمار اليوسفي والفراولة والعنب ملوثة بمبيدات الآفات المحظورة، والتي منها مبيد Methamidophos شديد السمية. كما أن هذه الفاكهة يمكن الحصول عليها من سوق هونغ كونغ. ومن ثَم تقول منظمة السلام الأخضر أنه لا تتوافر عملية ضبط وسيطرة شاملة على إنتاج الفواكه في هونغ كونغ اعتبارًا من عام ٢٠٠٦.

وفي فيتنام عام ٢٠٠٧، انتشرت أخبار وجود الفورمالدهيد، وهو مادة مسرطنة وجدت في طبق الخضار الوطني، الفو (Phi)، والذي أثار مخاوف من الطعام الفيتنامي، كما أنه وجد أن الخضراوات والفواكه تحتوي على مبيدات الآفات المحظورة. "أقرت وكالات الصحة أن صلصة الصويا الفيتنامية، ثاني أشهر صلصة في فيتنام بعد صلصة السمك، كانت مليئة بصورة صادمة بعناصر مسرطنة منذ عام ٢٠٠١ على الأقل"، الخبر الذي صدم جريدة ثان نين اليومية، والتي جاء بها "لماذا لم يخبرنا أحد؟" حيث تعتبر مادة ٣–MCPD هي المادة المسرطنة في الصلصات الآسيوية ومستقلبها هو ١,٣–DCP، والتي مثلت مشكلة قائمة قبيل عام ٢٠٠٠ والمؤثرة على العديد من القارات.

ملوثات كيميائية صناعية

تضم بقايا مواد التنظيف والتطهير والزيوت والشحومات والسولار والكيروسين والأمونيا والمبيدات الحشرية، والتي يجري التعامل معها من خلال عملية تصنيع المواد الغذائية أو خلال تداولها وحتى التوزيع النهائي لها، وتتصف هذه المواد بسميتها في تركيزاتها المرتفعة.

فمثلًا في الهند، فقد وجد أن المشروبات الغازية تلوثت بمعدلات عالية من مبيدات الآفات ومبيدات الحشرات، والتي منها الليندان، مبيد دي دي تي، والميلاثيون.

الملوثات الكيميائية المحتمل وجودها طبيعيًا في الغذاء

ويقصد بها الملوثات السامة المحتمل وجودها طبيعيًا في الغذاء، وتشتمل أساسًا على المركبات الناتجة من عملية الأيض في الخلايا النباتية والحيوانية.

ملوثات الإضافات إلى المواد الغذائية

ويقصد بها ما يضاف إلى المواد الغذائية كالمواد الحافظة لزيادة فترة الصلاحية، أو لتحسين خواص الغذاء سواء في صورة محسنات طعم أو رائحة أو قوام أو لون أو مستحلبات أو مثبتات.

ملوثات كيميائية سامة تفرزها عملية تصنيع المواد الغذائية

وهي المحتمل تكوينها نتيجة تحول بعض مكونات الغذاء، أو نمو كائنات حية دقيقة غير مرغوب فيها. مثل الهيدروكربونات العطرية أثناء عملية الشواء على الفحم، أو إنتاج السموم الفطرية نتيجة نمو الفطريات على الغذاء مثل الأوكراتوكسين والروبروتوكسين.

ملوثات المعادن الثقيلة

أي العناصر الثقيلة ذات الطبيعة السامة مثل الزئبق والزرنيخ والكادميوم والألومنيوم، التي تصيب الإنسان بالتسمم لتركزها في جسمه، نتيجة تناوله أطعمة نباتية أو حيوانية تعاملت مع مياه أو غذاءً ملوثًا بهذه العناصر.

ملوثات الغذاء الإشعاعية

تم تطوير تقنية تشعيع الغذاء في السبعينات من القرن العشرين، وذلك من أجل زيادة فترة عرض ثمار الفاكهة والخضراوات من خلال قذف الغذاء بأشعة جاما، التي توقف عملية التعفن وتقتل البكتيريا الملوثة، وذلك من خلال تحديد مستويات مقدار التشعيع من واقع ما أفرزته جهود بحثية ذات العلاقة، فمن الممكن بهذه التقنية حفظ الأسماك مثلًا لمدة شهر كامل بحالة جيدة. إلا أن ذلك تعرض لمعارضة كبيرة محذرة من مخاطر التلوث بالسرطانات من ناحية، واحتمالات تحطيمها للفيتامينات من ناحية أخرى.

مما أدى إلى تطبيق الأغذية المصنعة المعالجة إشعاعيًا، مع الإشارة إلى ذلك ليكون للمستهلك الحرية في التعامل معها من عدمه.

الهندسة الوراثية والتلوث الغذائي

الهندسة الوراثية لها دور مهم في الحفاظ على التنوع الحيوي على الأرض. وقد وصل عدد أنواع النباتات المهندسة وراثيًا في نهاية عام ١٩٩٥ إلى نحو ٦٠ نوعًا، بالإضافة إلى ما يزيد عن ٣ آلاف اختبار حقلي للمحاصيل المهندسة وراثيًا، وذلك في ٣٢ دولة حسب الوضع عام ١٩٩٣، تصدرتهم الولايات المتحدة الأمريكية تليها فرنسا. وقد تصدر كل من الزيت والذرة وبنجر السكر والبطاطس والطماطم المقدمة في أوروبا، كما تصدر كل من الذرة وفول الصويا والقطن المقدمة في الولايات المتحدة الأمريكية.

أمراض التلوث الغذائي

رغم أن الغذاء من ضروريات حياة ونمو الكائنات الحية، إلا أنه قد يكون مصدرًا للوباء خاصةً للإنسان. أما الأغذية الأكثر عرضة للتلوث بالبكتيريا الضارة فهي اللحوم ومنتجاتها، كذلك الدواجن والأسماك والألبان ومنتجاتها، أيضًا الأغذية المصنعة والمطهوة والمعلبات الفاسدة، والوجبات السريعة التي تباع بالشارع مثل: الكشري والباذنجان المقلي والطعمية والهامبورجر. وقد جرت العادة على تصنيف الأمراض التي تنقل عن طريق الطعام الملوث إلى:

أمراض معدية عن طريق الغذاء

ومن أهمها أمراض الحمى المالطية، ومرض الشيجيللوزيس، الفيبريوزيس، والكوليرا.

مسممات الطعام

وهي أمراض التسمم الغذائي الشائعة التي تحدث بسبب نمو الميكروبات المسببة للسموم، وقيامها بإفراز مركبات كيميائية ذات تأثير سام بالنسبة للإنسان والحيوان. ومن أشهر مسببات التسمم الغذائي هي مجموعة سلمونيلا (الالتهاب المعوي)، وبكتيريا ستافلوكوكس أوريس الذهبية (بالإنجليزية: Staphylococcus aureus).

حماية الغذاء من التلوث

يعتبر الغذاء وسيلة سهلة لنقل الميكروبات الممرضة؛ لذلك يجب منع تلوث الطعام والماء بالميكروبات للمحافظة على الصحة العامة في أي تجمع بشري، وذلك باتباع عدة طرق وقائية لحماية الغذاء من التلوث بشكل عام، من أهمها:

إجراءات الوقاية

بالنسبة للمزارعين، يجب منع استخدام المبيدات الخطرة على الصحة والبيئة، إضافة إلى الحد من استخدام الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية

في الزراعة، واستبدالها بالأسمدة العضوية والمبيدات الحيوية. كذلك استخدام المزارع لمياه ري نظيفة لسقاية المزروعات، وخاصة التي تؤكل نيئة. كذلك ذبح الحيوانات في الأماكن المخصصة لها تحت إشراف صحي بيطري.

أيضًا يجب توفير مياه شرب نظيفة، عن طريق تنظيف وتعقيم خزانات المياه بشكل دوري، كذلك منع بيع الأغذية المكشوفة بأي شكل من الأشكال، مع إجراء فحص طبي ومخبري دوري للعاملين في مجالات التصنيع الغذائي المختلفة كمصانع الأغذية والمطاعم. أما بالنسبة للمستهلك، فيفضل عدم استخدام العلب البلاستيكية وأكياس النايلون لحفظ الطعام.

إجراءات للحد من التلوث الغذائي

هناك إجراءات وعوامل مساعدة للحد من التلوث الغذائي يجب على المستهلكين اتباعها:

- غسل الأيدي واجب قبل تناول الطعام لمنع انتقال الملوثات إليه.
- اختيار الأطعمة والمشروبات الطازجة، والابتعاد عن الأغذية المحفوظة بقدر الإمكان.
- غسل الأيدي جيدًا قبل تناول أي طعام.

- تنظيف أواني المطبخ قبل استعمالها تنظيفًا جيدًا.

- إبعاد الحيوانات الأليفة كالقطط والكلاب عن أماكن الطعام.

- منع الأشخاص المصابين بالأمراض المعدية من إعداد الطعام أو الاقتراب منه.

- حفظ الخضراوات والفواكه وبقايا الطعام بشكل جيد وغير مكشوف، واستخدام الثلاجة لذلك.

- تعقيم الخضراوات والفواكه بمادة البرمنغنات، أو الماء والصابون قبل الاستعمال.

- غلي الحليب بشكل جيد وغلي بعض أنواع الجبن، وحفظها بالثلاجة عند الانتهاء.

- استخدام فلتر لمياه الشرب عند الشك بعدم نظافتها، أو غليها وتصفيتها ثم شربها.

- رمي النفايات وفضلات الطعام المتبقية يوميًا في المكان المخصص، بعد وضعها في أكياس محكمة الإغلاق وبعد تناول أي وجبة.

المصادر

- الإعلان الصادر عن مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية، عام ١٩٧٢.

- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، الخريطة، الرسم البياني Mongabay على صفحة الموقع الإلكتروني المعتمدة على إدارة معلومات الطاقة في جداول البيانات (نسخة محفوظة ٢٤ أكتوبر ٢٠١٧ على موقع واي باك مشين).

- انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (الجدول ١، تقرير DOE/EIA-0573، 2004، إدارة معلومات الطاقة الأمريكية).

- بها لأغراض السلامة الصحية، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية – وزارة التخطيط

- البيئة والتلوث والمواجهة، حسن شحاتة، القاهرة، ٢٠٠٠، ص٢٣.

- تقرير الأداء البيئي لعام ٢٠٠١، (نسخة محفوظة ١٢ يونيو ٢٠٠٨، على موقع واي باك مشين).

- التلوث الهوائي والأبعاد البيئية والاقتصادية، مجلة العربي، العدد ٤٠٥، الكويت، ١٩٩٢، ص٩١ وما بعدها.

- التلوث مشكلة العصر، عالم المعرفة، الكويت، ١٩٩٠.

- التلوث والمجتمع، ماريسا بوكانان وكارل هورويتز، جامعة ميشيغان (نسخة محفوظة ٠٦ مارس ٢٠١٠ على موقع واي باك مشين).

- حالة البيئة، العدد: نوعية الهواء، أستراليا، موقع صفحة الحكومي، (نسخة محفوظة ١٠ أكتوبر ٢٠١٣ على موقع واي باك مشين).

- الربيع الصامت، صاد كارلسون، عام ١٩٦٢.

- السياحة وقانون البيئة تفعيل وتناغم أم تعطيل وتصادم، مجلة حقوق حلوان للدراسات القانونية والاقتصادية، العدد الخامس، ٢٠٠١، ص١٥.

- صحة المجتمع معالجة عملية من المنظور الطبي والاجتماعة، ماهر أبو المعاطي علي، صلاح الدين شبل دياب، مكتبة االزهراء بالرياض ٢٠١٢، طبع ونشر وتوزيع نور الإيمان، ص١٢٢-١٢٧.

- المفسدون في الأرض، أحمد مُحَّد عوف.

- المواصفة القياسية العراقية رقم ٢١٨٠/٢٠٠١ مديات كثافة الفيض المغناطيسي المسموح والتعاون الإنمائي.

- .What is required". Clean Ocean Foundation. 2001" (اطلع عليه بتاريخ ١٤ فبراير ٢٠٠٦).

- Alhutteen, A. S. C. (2010).

- .Meneghini, R. (1997). Iron homeostasis, oxidative stress and DNA damage. Free Radio Biol. Med. 23:783-792.

- Aarnson, S. A. (2004). Molecular and Cellular Biological Effects of Power Frequency Electric and/or Magnetic Fields.

- Adey, W. R. (1993). Biological Effects of Low Energ.

- Alloway B.J F Ayres (D.C): chemical principles of environmental pollution.

- Al-Omran, A. H. and Al-Mashhadani, A. H. and Al-Moudares, H.A.

- Andrew, A. M. (1991). Electromagnetic Energy in the Environment and human Disease. Clinical Ecology volume III number (3).

- Beychok, Milton R. (1967). Aqueous Wastes from Petroleum and Petrochemical Plants١ الطبعة) st). John Wiley & Sons. ISBN 0-471-07189-7. LCCN 67019834.

- Blakie academic and professional, London, 1993, P,5.

- Department of Energy. (1995). Electric & Magnetic Fields. Associated with the use of Electric power.

- Determination of Phagocytosis and Intercellular Killing By Polmorphonuclear and Mononuclear Phagocytosis. Hand book of Experimental Immunology. Vol. 2, Cellular Immunology. Third edition, Blackwell Scientific Publication.

- Electromagnetic Fields on The Central Nervous System. Plenum Press, New York. 359-379.

- Furthe, R. V.; Theda, L. V. and LeigiltP. C. (1985). In Vitro.

- Gershon Cohen Ph.D. "The 'Solution' to Pollution Is Still 'Dilution'. Earth Island Institute.(اطلع عليه بتاريخ ١٤ فبراير ٢٠٠٦) .

- http://www.marino/studies/Aarnson.Report.html

- http://www.Ortho.lsume.edu/Faculty/Marino/BEMS.html

- J. (2009). Biological Effect of Static Magnetic Field on Peripheral Blood Leukocyte. 3rd Conference of College of Science - University of Baghdad.

- Kittel, C. (1975). Introduction To Solid State Physics. Chapter15, Berkeley, California.

- Lesson J.D: Environmental law, pitman publishing, London, 1995, p,14.

- Marino, A. A. (2004). Intermediary Metabolism. BENS 1996 Representation.

- National Institute of Environmental Health Services & U.S.

- Pennsylvania State University> Potential Health Effects of Pesticides. by Eric S. Lorenz. 2007 . (نسخة محفوظة ١١ أغسطس ٢٠١٣، على موقع واي باك مشين).

- Van Lier (IH): Acid rain and international law, The Netherlans, sjithhoff & Noordh of 1981, P.5.

- waterhealthconnection.org> Overview of Waterborne Disease Trends By Patricia L. Meinhardt, MD, MPH, MA, Author. Retrieved on April 16, 2009 (نسخة محفوظة ٥ سبتمبر ٢٠٠٨، على موقع واي باك مشين).

- World Resources Institute: August 2008 Monthly Update: Air Pollution's Causes, Consequences and Solutions Submitted by Matt Kallman on Wed, 2008-08-20 18:22. Retrieved on April 17, 2009.

الروابط الخارجية:

- الاقتراح ٦٥ قائمة OEHHA.
- برنامج علم السموم الوطني، من المعاهد الوطنية للصحة في الولايات المتحدة الأمريكية، تقارير ودراسات حول كيفية تأثير الملوثات على الناس.
- حدود الملوثات الجوية OSHA.
- حصر إطلاق المواد السمية، يتعقب كم النفايات التي تطلقها شركات الولايات المتحدة في الماء والهواء، تمنح تصاريح لإطلاق كمية محددة من هذه الملوثات من كل عام، خريطة.
- الزراعة المستدامة للأراضي الجافة والمروية السيد حامد الصعيدي، ص٢٦٦ بتصرف.
- صندوق الدفاع عن البيئة.
- العامل البيئي.
- قواعد البيانات والتقارير عن علم السموم Toxnet.
- معهد لبحوث الطاقة والبيئة.
- الممتاز، يدير المواقع الممتازة والمواقع الملوثة منها (CERCLA).
- المياه الجوفية بين عدم التجدد والاستنزاف

http://www.aljazeera.net (اطلع عليه بتاريخ ١٢-٦-٢٠١٨) بتصرف.

- المياه والأراضي الزراعية، مُحَمَّد نصر الدين علام، القاهرة، جمهورية مصر العربية، المكتبة الأكاديمية، ص١٦٦-١٦٧ بتصرف.

- المياه والعلاقات الدولية، داليا إسماعيل مُحَمَّد، صفحة غير مرقمة (عنوان الموضوع: المياه الجوفية).

- وكالة المواد السامة وسجل الأمراض، أكثر عشرين مصدر للملوثات، وكيفية تأثيرها في الناس، ماذا تستخدم الصناعات في الولايات المتحدة والمنتجات التي وجدت فيها.

- "- How Food Gets Contaminated - The Food Production Chain", www.cdc.gov, Retrieved 22-5-2018. Edited.

- "- Various Sources of Food Contaminants & Some Dangerous Food Additives", www.foodsafetyhelpline.com, Retrieved 22-5-2018. Edited.

- Food Pollution Causes", www.environmentalpollutioncenters.org, Retrieved 22-5-2018. Edited.

- Water Sources", www.britannica.com, Retrieved 16-5-2018.

الفهرس

الفصل الثاني: التلوث البيئي وأنواعه

الفصل الثالث : تلوث الهواء

الفصل الرابع: المطر الحمضي

الفصل الخامس: أثر تلوث الهواء على طبقة الأوزون

الفصل السادس : تلوث المياه

الفصل السابع: تلوث التربة

الفصل الثامن : التلوث بعوادم السيارات

الفصل التاسع: التلوث الكهرومغناطيسي

الفصل العاشر: التلوث السمعي أو الضوضائي

الفصل الحادي عشر: التلوث بالمبيدات الحشرية

الفصل الثاني عشر: التلوث بمخلفات البترول

الفصل الثالث عشر: التلوث النووي

الفصل الرابع عشر : التلوث بمياة الصرف الصحي

الفصل الخامس عشر: التلوث بالمخلفات الصلبة

الفصل السادس عشر: التلوث بالمخلفات السائلة

الفصل السابع عشر: التلوث الغذائي